

José Reyes Ruiz Gallardo

**TELEDETECCIÓN Y SIG EN LA
ASISTENCIA DE LA ACTUACIÓN
FORESTAL POSTINCENDIO**

I.S.B.N. Ediciones de la UCLM
978-84-8427-558-9



Ediciones de la Universidad
de Castilla-La Mancha

Cuenca, 2007

UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL



TELEDETECCIÓN Y SIG EN LA ASISTENCIA DE LA ACTUACIÓN FORESTAL POSTINCENDIO

**Método de estimación de la prioridad de intervención
forestal. Análisis de tres casos de estudio.**

JOSÉ REYES RUIZ GALLARDO
Albacete, junio de 2004

UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL



TELEDETECCIÓN Y SIG EN LA ASISTENCIA DE LA ACTUACIÓN FORESTAL POSTINCENDIO

**Método de estimación de la prioridad de intervención
forestal. Análisis de tres casos de estudio.**

**TESIS DOCTORAL
(GRADO EUROPEO)**

Memoria presentada por:

JOSÉ REYES RUIZ GALLARDO
Para optar al grado de Doctor Ingeniero Agrónomo

Directores:

SANTIAGO CASTAÑO FERNÁNDEZ
Doctor en Ciencias Geológicas

ARTURO VALDÉS FRANZI
Doctor en Ciencias Biológicas

Albacete, Junio de 2004

Teledetección y SIG en la asistencia de la actuación forestal postincendio.

VI.1.2.2.3.- Corrección del efecto de la topografía sobre la reflectividad.	95
VI.1.2.2.4.- Normalización radiométrica.	99
VI.2.- ANÁLISIS DE DATOS.	103
VI.2.1.- Digitalización de la máscara del incendio. Aplicación.	103
VI.2.2.- Severidad del fuego. Superficie quemada.	107
VI.2.2.1.- Evaluación de la severidad de fuego en el campo.	107
VI.2.2.2.- Estimación de la severidad del fuego mediante teledetección.	
Métodos.	111
VI.2.2.2.1.- Diferencia de NDVI.	114
VI.2.2.2.2.- Diferencia Normalizada de NDVI.	115
VI.2.2.2.3.- Diferencia de NDVI/NDVI _{PREINCENDIO} .	116
VI.2.2.2.4.- Diferencia de NBR (Normalized Burn Ratio, ΔNBR).	116
VI.2.2.2.5.- Diferencia Normalizada de NBR (ΔNNB).	117
VI.2.2.2.6.- Diferencia de NBR/NBR _{PREINCENDIO} .	118
VI.2.2.2.7.- Umbrales.	118
VI.2.2.2.8.- Superficie afectada por el fuego.	119
VI.2.3.- Interrelación de capas de información. Cruce de mapas.	119
VI.3.- GENERALIZACIÓN. ELABORACIÓN DE HIPÓTESIS.	121
VI.3.1.- Propuesta de matrices de combinación. Extracción del mapa de Prioridad de Actuación Postincendio.	121
VI.4.- COMPROBACIÓN.	125
VI.4.1.- Trabajo de campo.	125
VI.4.1.1.- Diseño del muestreo.	125
VI.4.1.1.1.- Incendio de Yeste.	126
VI.4.1.1.2.- Incendio de Almansa.	127
VI.4.1.1.3.- Incendio de Liétor.	127
VI.4.1.2.- Selección de datos a estudiar y recolección de los mismos.	128
VI.4.2.- Determinación de la fiabilidad del método.	131
VI.4.2.1.- Comparación de datos procedentes del método de clasificación, con la verdad terreno.	131
VI.4.2.2.- Análisis de los errores, validación del proceso y cuantificación de la fiabilidad.	132
VI.5.- SÍNTESIS METODOLÓGICA.	135
CAPÍTULO VII: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	141
VII.1.- DERIVADOS DE LA APLICACIÓN DE DISTINTOS MÉTODOS DE TELEDETECCIÓN EN LA ESTIMACIÓN DE LA SEVERIDAD DEL FUEGO.	144
VII.1.1.- Caso de estudio 1: incendio de Yeste.	145
VII.1.1.1.- Métodos basados en la aplicación del NDVI.	145
VII.1.1.1.1.- Diferencia normalizada del NDVI.	145
VII.1.1.1.2.- Diferencia del NDVI.	146
VII.1.1.1.3.- Diferencia normalizada del NDVI / NDVI preincendio.	146
VII.1.1.2.- Métodos basados en la aplicación del NBR.	148
VII.1.1.2.1.- Diferencia del NBR.	148
VII.1.1.2.2.- Diferencia normalizada del NBR.	149
VII.1.1.2.3.- Diferencia Normalizada Del NBR / NBR preincendio.	150
VII.1.1.3.- Resumen y discusión de resultados: incendio de Yeste.	151
VII.1.2.- Caso de estudio 2: incendio de Almansa.	156

VII.1.2.1.- Métodos basados en la aplicación del NDVI.....	156
VII.1.2.1.1.- Diferencia Normalizada del NDVI.....	156
VII.1.2.1.2.- Diferencia normalizada del NDVI.....	157
VII.1.2.1.3.- Diferencia del NDVI / NDVI preincendio.....	157
VII.1.2.2.- Métodos basados en la aplicación del NBR.....	158
VII.1.2.2.1.- Diferencia del NBR.....	158
VII.1.2.2.2.- Diferencia normalizada del NBR.....	159
VII.1.2.2.3.- Diferencia del NBR / NBR preincendio.....	160
VII.1.2.3.- Resumen y discusión de resultados: incendio de Almansa.....	161
VII.1.3.- Caso de estudio 3: incendio de Liétor.....	165
VII.1.3.1.- Métodos basados en la aplicación del NDVI.....	165
VII.1.3.1.1.- Diferencia normalizada del NDVI.....	165
VII.1.3.1.2.- Diferencia del NDVI.....	166
VII.1.3.1.3.- Diferencia del NDVI / NDVI preincendio.....	167
VII.1.3.2.- Métodos basados en la aplicación del NBR.....	167
VII.1.3.2.1.- Diferencia del NBR.....	167
VII.1.3.2.2.- Diferencia normalizada del NBR.....	168
VII.1.3.2.3.- Diferencia del NBR / NBR preincendio.....	169
VII.1.3.3.- Resumen y discusión de resultados: incendio de Liétor.....	170
VII.1.4.- Resumen de los resultados en los tres incendios.....	172
VII.1.4.1.- Número de errores cometidos.....	172
VII.1.4.2.- Acuerdo global.....	173
VII.1.4.3.- Valores umbral.....	174
VII.2.- SUPERFICIE AFECTADA POR EL INCENDIO. ANÁLISIS DE ÉSTA CON RESPECTO A LA SEVERIDAD DEL FUEGO Y A PARÁMETROS TOPOGRÁFICOS.....	176
VII.2.1.- Incendio de Yeste.....	176
VII.2.1.1.- Superficie afectada por el incendio. Análisis de la severidad del fuego.....	176
VII.2.1.2.- Distribución de la superficie quemada en relación a la pendiente.	178
VII.2.1.3.- Distribución de la superficie quemada en relación a la orientación.	178
VII.2.2.- Incendio de Almansa.....	181
VII.2.2.1.- Superficie afectada por el incendio. Análisis de la severidad del fuego.....	181
VII.2.2.2.- Distribución de la superficie quemada en relación a la pendiente.	181
VII.2.2.3.- Distribución de la superficie quemada en relación a la orientación.	181
VII.2.3.- Incendio de Liétor.....	185
VII.2.3.1.- Superficie afectada por el incendio. Análisis de la severidad del fuego.....	185
VII.2.3.2.- Distribución de la superficie quemada en relación a la pendiente.	185
VII.2.3.3.- Distribución de la superficie quemada en relación a la orientación.	188
VII.2.4.- Resumen de resultados de superficie quemada, con respecto a la severidad del fuego y a parámetros topográficos.....	188

VII.2.4.1.- Distribución de la superficie quemada con respecto a la severidad del fuego.	188
VII.2.4.2.- Distribución de la superficie quemada con respecto a la pendiente.	191
VII.2.4.3.- Distribución de la superficie quemada en relación a la orientación.	191
VII. 3.- CORRELACIÓN DE PARÁMETROS TOPOGRÁFICOS CON RESPECTO A LA SEVERIDAD DEL FUEGO.	193
<i>VII.3.1. Incendio de Yeste.</i>	193
VII.3.1.1.- Exposición y severidad del fuego.	193
VII.3.1.2.- Pendiente y severidad del fuego.	194
<i>VII.3.2. Incendio Almansa.</i>	195
VII.3.2.1.- Exposición y severidad del fuego.	195
VII.3.2.2.- Pendiente y severidad del fuego.	196
<i>VII.3.3. Incendio de Liétor.</i>	197
VII.3.3.1.- Exposición y severidad del fuego.	197
VII.3.3.2.- Pendiente y severidad de fuego.	198
<i>VII.3.4. Resumen de resultados de la correlación entre los parámetros topográficos y la severidad del fuego.</i>	199
VII.3.4.1.- Severidad de fuego y exposición.	199
VII.3.4.2.- Severidad de fuego y pendiente.	200
VII.4.- ANÁLISIS DE LA FLORA Y LA VEGETACIÓN DEL INCENDIO. RELACIÓN CON LOS PARÁMETROS. GEOMORFOLÓGICOS Y LA SEVERIDAD DEL FUEGO.	201
<i>VII.4.1- Análisis florístico.</i>	201
<i>VII.4.2- Análisis de la vegetación y sus series.</i>	203
VII.4.2.1- Área de estudio de Yeste.	203
VII.4.2.2- Área de estudio de Almansa.	204
VII.4.2.3- Área de estudio de Liétor.	205
<i>VII.4.3.- Relación entre la recuperación de la vegetación y las características geomorfológicas y la severidad del fuego.</i>	205
VII.4.2.1.- Parcelas con la proporción más alta de cobertura total media.	205
VII.4.2.2.- Parcelas con la proporción más alta de cobertura herbácea.	206
VII.4.2.3.- Parcelas con la proporción más alta de cobertura de matorral.	207
VII.4.2.4.- Parcelas la menor proporción de cobertura media observada.	208
VII. 5.- ÁREAS CON PRIORIDAD DE INTERVENCIÓN FORESTAL POSTINCENDIO.	213
<i>VII.5.1. Incendio de Yeste.</i>	213
<i>VII.5.2. Incendio de Almansa.</i>	216
<i>VII.5.3. Incendio de Liétor.</i>	219
<i>VII.5.4. Resumen de procesos de obtención del mapa de PAP.</i>	222
CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES	225
BIBLIOGRAFÍA	233
ANEXOS	253

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resumen del número de incendios y superficie quemada (ha) en Europa, América del Norte (Estados Unidos y Canadá) y la antigua URSS (Confederación de Estados Independientes), agrupando datos de la FAO (1999; 2002).	49
Tabla 2: Resumen del número de incendios y superficie quemada (ha), en España desde 1980 a 1991 (DATOS DGCN, 1996, 2003, 2004).	49
Tabla 3: Resumen del número de incendios y superficie quemada (ha) en España desde 1992 a 2003 (DATOS DGCN, 1996, 2003, 2004). *Cifras provisionales.	49
Tabla 4: Información sinóptica y estado del programa Landsat (Lauer <i>et al.</i> , 1997; NASAweb).	64
Tabla 5: El sensor TM: características espectrales de sus bandas. Algunas aplicaciones (Slater, 1980; Mika, 1997; NASAweb).	66
Tabla 6: El sensor ETM+: características espectrales de sus bandas (Jensen, 2000).	67
Tabla 7: Hojas 1:25000 seleccionadas para el proceso. Se indica: numeral del 1:50000, cuarto correspondiente (se incluye porción geográfica dentro de la hoja) y denominación, e incendio al que corresponde.	80
Tabla 8: Imágenes utilizadas para el estudio. Se especifica el sensor Landsat utilizado, la fecha (ddmmaa), la hora de adquisición de la imagen (hh:mm:ss), la órbita y paso y el incendio al que fueron sido aplicadas.	83
Tabla 9: Fecha de adquisición de las imágenes utilizadas, número de puntos de control usado para su ortorrectificación y error medio cuadrático obtenido.	88
Tabla 10: Valores de la irradiancia solar exoatmosférica (Dozier, 1989) y de los coeficientes de calibrado (Markham and Barker, 1987), para las imágenes Landsat TM utilizadas.	90
Tabla 11: Valores de la irradiancia solar extraterrestre (www.eurimage.com) y de las constantes de calibrado del ETM+ para cada banda espectral (Fichero de cabecera de la imagen).	91
Tabla 12: Valores de la corrección radiométrica: τ_0 se ha tomado de Dozier (1989), los valores de K_i han sido extraídos de cada banda. Las escenas han sido nombradas por su fecha de adquisición (dd-mm-aa).	95
Tabla 13: Algunos parámetros solares, relacionados con el momento de adquisición de la imagen, y necesarios para el cálculo del ángulo de incidencia solar "i".	99
Tabla 14: Denominación de las zonas seleccionadas como invariantes, y su situación en coordenadas UTM.	101
Tabla 15: Valores de los coeficientes de la recta de regresión entre la imagen del 11 de agosto de 1998 y la del 9 de septiembre de 2000. La ecuación de regresión está en la forma $y = mx + b$. R^2 es el coeficiente de correlación lineal, estimado según el método de mínimos cuadrados.	102
Tabla 16: Matriz de doble entrada orientación/pendiente, donde los valores más altos se asocian a áreas de mayor riesgo de erosión, mayor dificultad de regeneración o mayor Prioridad inicial de Actuación Postincendio.	121
Tabla 17: Matriz de doble entrada [(orientación/pendiente)/severidad del fuego]. Los valores representan: 1: prioridad baja; 2: prioridad media; 3: prioridad alta; 4: prioridad extrema. El producto de esta tabla será el mapa final de PAP.	123
Tabla 18: Criterios de clasificación en el campo para los diferentes grados de erosión (adaptado del Soil Survey Staff, 1951).	130
Tabla 19: Matriz de acuerdo entre las 81 parcelas examinadas en el incendio de Yeste (35 en el campo + 46 en fotografía aérea) y el mapa clasificado según el método de diferencia normalizada de NDVI. Junto al acuerdo global se ha incluido el intervalo de confianza para una probabilidad de acuerdo del 95%.	146
Tabla 20: Matriz de acuerdo entre las 81 parcelas examinadas (35 en el campo + 46 en fotografía aérea) y el mapa obtenido según el método de diferencia de NDVI. Junto al acuerdo global se ha incluido el intervalo de confianza para una probabilidad de acuerdo del 95%.	147
Tabla 21: Matriz de acuerdo entre las 81 parcelas examinadas (35 en el campo + 46 en fotografía aérea) y el mapa obtenido según el método de diferencia de NDVI entre el NDVI previo al fuego. Junto al acuerdo global se ha incluido el intervalo de confianza para una probabilidad de acuerdo del 95%.	147

Tabla 22: Matriz de acuerdo entre las 81 parcelas examinadas (35 en el campo + 46 en fotografía aérea) y el mapa obtenido según el método de diferencia de NBR. Junto al acuerdo global se ha incluido el intervalo de confianza para una probabilidad de acuerdo del 95%.	148
Tabla 23: Matriz de acuerdo entre las 81 parcelas examinadas (35 en el campo + 46 en fotografía aérea) y el mapa clasificado según el método de diferencia normalizada de NDVI. Junto al acuerdo global se ha incluido el intervalo de confianza para una probabilidad de acuerdo del 95%.	149
Tabla 24: Matriz de acuerdo entre las 81 parcelas examinadas (35 en el campo + 46 en fotografía aérea) y el mapa clasificado según el método de diferencia normalizada de NBR/NBR previo al fuego. Junto al acuerdo global se ha incluido el intervalo de confianza para una probabilidad de acuerdo del 95%.	150
Tabla 25: Resumen de resultados obtenidos por los diferentes métodos aplicados, en la clasificación de la severidad de fuego, en el incendio de Yeste. En sombreado aparecen las parcelas erróneamente determinadas por cada método. Las últimas cinco líneas sintetizan el número total de errores cometido, el acuerdo obtenido en las matrices de confusión para los diferentes grados de severidad de fuego y el global con su intervalo de confianza y, finalmente, el coeficiente <i>Kappa</i> de cada matriz. (La leyenda de métodos es: DIFNORM NDVI: diferencia normalizada de NDVI; DIF NDVI: diferencia de NDVI; DIFNDVI/NDVIpri: diferencia de NDVI con respecto al NDVI previo al fuego. El resto es igual, pero usando NBR).	153
Tabla 26: Matriz de acuerdo entre las 69 parcelas examinadas en el campo y su equivalente en el mapa obtenida según el método de diferencia normalizada de NDVI. El acuerdo para cada clase, así como el global (incluido el intervalo de confianza para una probabilidad de acuerdo del 95%), se presentan en la última columna.	156
Tabla 27: Matriz de acuerdo entre las 69 parcelas examinadas en campo y el mapa clasificado según el método de diferencia de NDVI. Junto al acuerdo global se ha incluido el intervalo de confianza para una probabilidad de acuerdo del 95%.	157
Tabla 28: Matriz de acuerdo entre las 69 parcelas examinadas en campo, y el mapa clasificado según el método de diferencia de NDVI en relación al NDVI previo. Junto al acuerdo global se ha incluido el intervalo de confianza para una probabilidad de acuerdo del 95%.	158
Tabla 29: Matriz de acuerdo entre las 69 parcelas examinadas en campo y el mapa clasificado según el método de diferencia de NBR, en el caso de Almansa. Junto al acuerdo global se ha incluido el intervalo de confianza para una probabilidad de acuerdo del 95%.	159
Tabla 30: Matriz de acuerdo entre las 69 parcelas examinadas en campo y el mapa clasificado según el método de diferencia normalizada de NBR en el caso de estudio de Almansa. Junto al acuerdo global se ha incluido el intervalo de confianza para una probabilidad de acuerdo del 95%.	160
Tabla 31: Matriz de acuerdo entre las 69 parcelas examinadas en campo y el mapa clasificado según el método de diferencia normalizada de NBR relativo al NBR previo al fuego, en el caso de estudio de Almansa. Junto al acuerdo global se ha incluido el intervalo de confianza para una probabilidad de acuerdo del 95%.	161
Tabla 32: Resumen de resultados obtenidos en la clasificación de la severidad de fuego para el incendio de Almansa, en los diferentes métodos estudiados. En sombreado aparecen las parcelas erróneamente determinadas por cada método. Las últimas cinco líneas sintetizan el número total de errores cometido, el acuerdo obtenido en las matrices de confusión para los diferentes grados de severidad de fuego y el global con su intervalo de confianza y, finalmente, el coeficiente <i>Kappa</i> de cada matriz. (La leyenda de métodos es: DIFNORM NDVI: diferencia normalizada de NDVI; DIF NDVI: diferencia de NDVI; DIFNDVI/NDVIpri: diferencia de NDVI con respecto al NDVI previo al fuego. El resto es igual, pero usando NBR).	163
Tabla 33: Matriz de acuerdo entre las 32 parcelas examinadas en el incendio de Liétor y el mapa clasificado según el método de diferencia normalizada de NDVI. Junto al acuerdo global se ha incluido el intervalo de confianza para una probabilidad de acuerdo del 95%.	165
Tabla 34: Matriz de acuerdo entre las 32 parcelas examinadas en el campo y el mapa obtenido según el método de diferencia de NDVI, en el caso de estudio de Liétor. Junto al acuerdo global se ha incluido el intervalo de confianza para una probabilidad de acuerdo del 95%.	166
Tabla 35: Matriz de acuerdo entre las 69 parcelas examinadas en el campo y el mapa clasificado según el método de diferencia normalizada de NDVI relativo al NDVI previo al fuego. Junto al acuerdo global se ha incluido el intervalo de confianza para una probabilidad de acuerdo del 95%.	167

Tabla 36: Matriz de acuerdo entre las 32 parcelas examinadas en el campo y el mapa clasificado según el método de diferencia de NBR, en el caso de Liétor. Junto al acuerdo global se ha incluido el intervalo de confianza para una probabilidad de acuerdo del 95%.	168
Tabla 37: Matriz de acuerdo entre las 32 parcelas examinadas en el campo y el mapa clasificado según el método de diferencia normalizada de NBR, en el caso de estudio de Liétor. Junto al acuerdo global se ha incluido el intervalo de confianza para una probabilidad de acuerdo del 95%.	169
Tabla 38: Matriz de acuerdo entre las 32 parcelas examinadas en el campo y el mapa clasificado según el método de diferencia normalizada de NBR relativo al NBR previo al fuego, en el caso de estudio de Liétor. Junto al acuerdo global se ha incluido el intervalo de confianza para una probabilidad de acuerdo del 95%.	169
Tabla 39: Resumen de resultados obtenidos en la clasificación de la severidad de fuego en el incendio de Almansa, para los diferentes métodos estudiados. En sombreado aparecen las parcelas erróneamente determinadas. Las últimas cinco líneas sintetizan el número total de errores cometido, el acuerdo obtenido en las matrices de confusión para los diferentes grados de severidad de fuego y el global con su intervalo de confianza y, finalmente, el coeficiente <i>Kappa</i> de cada matriz. (La leyenda de métodos es: DIFNORM NDVI: diferencia normalizada de NDVI; DIF NDVI: diferencia de NDVI; DIFNDVI/NDVIpre: diferencia de NDVI con respecto al NDVI previo al fuego. El resto es igual, pero usando NBR).	171
Tabla 40: Resumen del número de errores para cada uno de los métodos en los distintos incendios. (La leyenda de métodos es: DIFNORM NDVI: diferencia normalizada del NDVI; DIF NDVI: diferencia del NDVI; DIFNDVI/NDVIpre: diferencia del NDVI con respecto al NDVI previo al fuego. El resto es igual, pero usando NBR).	173
Tabla 41: Resumen del acuerdo global y del intervalo de confianza obtenido por los distintos métodos aplicados a los tres casos de estudio.	173
Tabla 42: Método de diferencia normalizada de NDVI: rango de valores para cada nivel de severidad, en cada caso de estudio.	174
Tabla 43: Método de diferencia de NDVI: valores umbral determinados en cada nivel de severidad y en cada caso de estudio.	174
Tabla 44: Método de diferencia de NDVI con respecto al NDVI previo al fuego: valores límite determinado en cada nivel de severidad, y en cada caso de estudio.	174
Tabla 45: Método de diferencia de NBR: niveles de diferencia de NBR en los tres incendios estudiados y para cada grado de severidad de fuego.	174
Tabla 46: Método de diferencia normalizada de NBR: rango de valores para cada nivel de severidad, en cada caso de estudio.	175
Tabla 47: Método de diferencia de NBR con respecto al NBR previo al fuego: valores umbral tomados para cada nivel de severidad, y en cada caso de estudio.	175
Tabla 48: Porcentajes de superficie quemada, según la severidad del fuego, en los tres incendios estudiados.	188
Tabla 49: Superficie afectada por el fuego (en porcentaje), según la pendiente del terreno, en los tres casos de estudio.	191
Tabla 50: Proporción de superficie afectada por el fuego, según la exposición del terreno, en los tres casos de estudio.	192
Tabla 51: Superficie ocupada por cada nivel de severidad según su orientación, en el caso de estudio de Yeste. Se incluye la proporción con respecto al total, y la relativa con respecto a la clase de orientación.	193
Tabla 52: Superficie ocupada por cada nivel de severidad según su pendiente, en el incendio de Yeste. Se incluye la proporción con respecto al total, y la relativa con respecto a cada clase de pendiente.	194
Tabla 53: Distribución de la severidad del fuego, según su orientación, en el incendio de Almansa. Se incluye la proporción con respecto al total, y la relativa con respecto a cada clase de orientación.	195
Tabla 54: Área ocupada por cada nivel de severidad según su pendiente, en el estudio de Almansa. Se incluye la proporción con respecto al total, y la relativa con respecto a cada clase de pendiente.	196
Tabla 55: Superficie ocupada por cada nivel de severidad según su orientación, en el caso de Liétor. Se incluye la proporción con respecto al total, y la relativa con respecto a cada clase de orientación.	197
Tabla 56: Superficie ocupada por cada nivel de pendiente según su orientación, en el caso de Liétor. Se incluye la proporción con respecto al total, y la relativa con respecto a cada clase de pendiente.	198

Tabla 57: Porcentaje de superficie ocupada por cada nivel de severidad según su orientación, en los tres casos de estudio. S : Solana; U : Umbría; SB : Severidad baja; SM : Severidad media; SA : Severidad alta.....	199
Tabla 58: Porcentaje de superficie ocupada por cada nivel de severidad según su nivel de pendiente, en los tres casos de estudio. PB : pendiente baja; PM : pendiente media; PA : pendiente alta; SB : severidad baja; SM : severidad media; SA : severidad alta.	200
Tabla 59: Relación de plantas con tendencia termófila, y el número de veces que aparece en cada zona de estudio inventariada.	201
Tabla 60: Relación de plantas con tendencia mesófila, y número de veces que aparece en cada zona de estudio inventariada.	202
Tabla 61: Relación de plantas acidófilas, y el número de veces que aparece en cada zona de estudio inventariada.....	202
Tabla 62: Relación de plantas propias del Setabense y endemismos frecuentes en el norte de Albacete.	203
Tabla 63: Parcelas con la proporción de cobertura media observada más alta, en las tres zonas de estudio.....	209
Tabla 64: Relación de parcelas con la proporción más alta de cobertura de herbáceas, en los incendios de Yeste, Almansa y Liétor.....	210
Tabla 65: Lista y características de las parcelas con la proporción de cobertura de matorral más alta, en los tres incendios tratados.	211
Tabla 66: Parcelas con la menor proporción de cobertura media observada, en los tres casos de estudio.....	212
Tabla 67: Superficie de cada tipo de necesidad de intervención forestal postincendio, en el caso de estudio de Yeste.....	213
Tabla 68: Matriz de contingencia entre el nivel de erosión encontrado en las 32 parcelas quemadas revisadas en campo y la necesidad de intervención forestal determinada por el proceso. Caso del incendio Yeste.....	215
Tabla 69: Superficie de cada tipo de necesidad de intervención forestal postincendio, en el caso de estudio de Almansa.....	216
Tabla 70: Matriz de contingencia entre el nivel de erosión encontrado en las 26 parcelas quemadas revisadas en campo y la necesidad de intervención forestal determinada por el proceso. Caso del incendio de Almansa.....	217
Tabla 71: Superficie de cada tipo de necesidad de intervención forestal postincendio, en el caso de estudio de Liétor.	219
Tabla 72: Matriz de contingencia entre el nivel de erosión encontrado en las 26 parcelas quemadas revisadas en campo y la necesidad de intervención forestal determinada por el proceso. Caso del incendio de Liétor.	220
Tabla 73: Porcentaje de superficie ocupada por cada nivel de Prioridad de Intervención Postincendio, en los tres casos estudiados.....	222
Tabla 74: Valor del estadístico χ^2 y de p obtenido en las matrices de contingencia entre la PAP y la erosión determinada en las parcelas de estudiadas en los tres incendios.	223
Tabla 75: Erosión determinada en las 85 parcelas examinadas en el campo.....	223

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Localización geográfica del área de estudio 1: Yeste. Arriba a la derecha, se presenta una combinación RGB 743 de Landsat ETM, adquirida el 16 de agosto de 1994. Abajo, vista de una zona parcialmente quemada.....	31
Figura 2: Localización geográfica del área de estudio 2: Almansa. Arriba a la derecha, se presenta una combinación RGB 743 de Landsat ETM+, adquirida el 9 de septiembre de 2000. Abajo, vista de una zona parcialmente quemada.	35
Figura 3: Localización geográfica del área de estudio 3: Liétor. A la derecha arriba, se presenta una combinación RGB 743 de Landsat ETM+, adquirida el 9 de septiembre de 2000. Abajo, vista del embalse del Talave, desde el límite de la zona incendiada.....	39
Figura 4: Superficie recorrida anualmente por el fuego (Vélez, 2000a).....	47
Figura 5: Evolución del número de incendios y de la superficie quemada en Europa desde 1989 a 2001 (datos FAO).....	50
Figura 6: Evolución del número de incendios y de la superficie quemada en la antigua URSS desde 1989 a 2001 (datos FAO).....	50
Figura 7: Evolución del número de incendios y de la superficie quemada en Norteamérica desde 1989 a 2001 (datos FAO).....	51
Figura 8: Evolución del número de incendios y de la superficie quemada desde 1989 a 2001, en todas las regiones en las que disponemos de estadística (datos FAO).....	51
Figura 9: Evolución del número de incendios y de la superficie quemada (ha) desde 1980 a 2003 en todas las regiones con estadística (DATOS DGCN, 1996, 2003, 2004).....	52
Figura 10: Distribución de las líneas de barrido y los píxeles en una escena Landsat TM (Sabins, 1996).....	67
Figura 11: Modelo Digital de Elevaciones (DEM) de la zona de Yeste, construido a partir de las Hojas MTN 1:25000: 866 I, II, III, IV y 888 I, II, III, IV. La visualización se ha realizado con paleta de grises de 256 niveles	82
Figura 12: Mapa de orientaciones (izquierda) y pendientes (derecha), de la misma zona del DEM representado en la figura anterior. En ambos, en la porción este, se aprecia la ubicación del pantano de La Fuensanta. La visualización de ambos mapas se ha realizado con paleta de grises de 256 niveles.	82
Figura 13: Error de desplazamiento producido por el relieve en una imagen Landsat.....	86
Figura 14: Resultado final esquemático de una imagen, remuestreada por los distintos métodos.....	89
Figura 15: Distintas contribuciones a la radiación que llega al píxel y a la registrada por el sensor (modificado de Richards, 1995): $L_p(\lambda)$: radiancia de recorrido; $R(\lambda)$ es la reflectividad de la superficie en el nivel del suelo; $L_v(\lambda)$: Contribución al sensor de píxeles vecinos; $\tau_s(\lambda)$ transmisividad de la atmósfera en el recorrido del suelo al sensor y en la longitud de onda estimada. $E_d(\lambda)$ 1 y 2, son diferentes componentes de la radiación solar difusa.....	91
Figura 16: Geometría solar en el plano horizontal.....	93

Figura 17: Diferente intercepción del flujo solar por una misma superficie, dependiendo de su perpendicularidad al vector solar (Modificado de Reeder, 2000).....	96
Figura 18: Efecto de la geometría solar y del terreno en la diferente incidencia solar (simplificado al plano). a) la elevación solar es de 60° (elevación solar =90-ángulo cenital solar (θ)) y la pendiente del terreno (α) es 30°, e “i” (ángulo de incidencia solar) =0: $E = E_s \cdot \cos i \Rightarrow E = E_s$; b) Mismas condiciones que en situación anterior, pero en la ladera opuesta: $E = E_s \cdot \cos i \Rightarrow E < E_s$	96
Figura 19: Sombras producidas por la topografía. La respuesta detectada por el sensor de estas cubiertas, procederá de la radiación difusa.....	97
Figura 20: Diferente grado de difusión de la radiación, en función del tipo de superficie (Iqbal, 1983). La figura (a) muestra una superficie lambertiana o perfectamente difusora. La figura (b) es una superficie especular. En (c) se representa una superficie intermedia entre ambas.....	99
Figura 21: Combinación RGB 743 con las imágenes preprocesadas, de los incendios de Yeste (superior), Almansa (centro) y Liétor (inferior). Sobre ellos se ha superpuesto la máscara que los aislará del territorio colindante, en los procesos posteriores.....	105
Figura 22: Signatura espectral típica de distintos tipos de superficies. Se incluye el fragmento adquirido por las bandas 3, 4 y 7 (de izquierda a derecha) de Landsat (modificada de Chuvieco, 1996).....	112
Figura 23: Ejemplo de cruce del mapa de orientaciones con el de pendientes en el caso del incendio de Almansa: superior izquierda: mapa de orientaciones (verde: solana ; azul: umbría); superior derecha: mapa de pendientes (verde: baja ; azul: media ; rojo: alta); inferior: mapa de cruce orientación/pendiente (verde: 1 ; amarillo: 2 ; azul: 3 ; rojo: 4).....	122
Figura 24: Ejemplo de cruce del mapa de orientaciones/pendientes con el de severidad de fuego, produciendo el mapa de Prioridad de Actuación Postincendio forestal (PAP), en el caso de estudio de Almansa: superior izquierda: mapa de orientaciones/pendientes (verde: 1 ; amarillo: 2 ; azul: 3 ; rojo: 4); superior derecha: mapa de severidad del fuego (verde: baja ; azul: media ; rojo: alta); inferior: mapa de PAP (verde: prioridad baja ; amarillo: prioridad media ; azul: prioridad alta ; rojo: prioridad extrema).....	124
Figura 25: Síntesis esquemática de la metodología desarrollada en el estudio.....	137
Figura 26: Distribución de la superficie afectada por el fuego en el incendio de Yeste, según el grado de severidad con que ha sido afectado. En la imagen, las líneas separan los términos municipales: en el centro Yeste; NE: Molinicos; NW: Riópar; Sur: Nerpio; SE: Letur; SW: Yetas de Abajo (Jaén).....	177
Figura 27: Distribución espacial de las pendientes dentro del área quemada en Yeste. En el diagrama de sectores se representa la proporción de cada una de las clases de pendiente.....	179
Figura 28: Distribución espacial de la exposición dentro del área quemada en Yeste. En el diagrama de sectores se representa la proporción de cada una de las clases.....	180
Figura 29: Distribución de la superficie afectada por el fuego en el caso de estudio de Almansa, según el grado de severidad. La línea negra marca el límite de provincia (al oeste Albacete; al este Valencia). Se ha incluido un diagrama de sectores que indica la distribución porcentual de cada clase de severidad.....	182
Figura 30: Distribución espacial de las pendientes dentro del área quemada en Almansa. En el diagrama de sectores se representa la proporción de cada una de las clases de pendiente.....	183
Figura 31: Distribución espacial de la exposición dentro del área quemada en Almansa. En el diagrama de sectores se representa la proporción de cada una de las clases.....	184

Figura 32: Distribución de la superficie afectada por el fuego en el caso de estudio de Liétor, según el grado de severidad. Las líneas negras marcan la delimitación de los términos municipales: oeste: Liétor, este: Hellín; sur: Férez. Se ha incluido un diagrama de distribución porcentual de superficie por clases de severidad.....	186
Figura 33: Distribución espacial de las pendientes dentro del área quemada en Liétor. En el diagrama de sectores se representa la proporción de cada una de las clases de pendiente.....	187
Figura 34: Distribución espacial de la exposición en el área quemada del caso de estudio de Liétor. En el diagrama de sectores se representa la proporción de cada una de las clases.....	189
Figura 35: Superficie ocupada por cada nivel de severidad según su orientación, en el incendio de Yeste.....	193
Figura 36: Superficie ocupada por cada nivel de severidad según su pendiente, en el estudio de Yeste.....	194
Figura 37: Superficie ocupada por cada nivel de severidad según su orientación, en el incendio de Almansa.....	195
Figura 38: Superficie ocupada por cada nivel de severidad según su pendiente, en el incendio de Almansa.....	196
Figura 39: Superficie ocupada por cada nivel de severidad según su orientación, en el caso de Liétor.	197
Figura 40: Superficie ocupada por cada nivel de severidad según su pendiente, en el incendio de Liétor.	198
Figura 41: Mapa de Prioridad de Actuación Postincendio (PAP), en el caso de estudio de Yeste.....	214
Figura 42: Mapa de Prioridad de Actuación Postincendio (PAP), en el caso de estudio de Almansa..	218
Figura 43: Mapa de Prioridad de Actuación Postincendio (PAP), en el caso de estudio de Liétor.....	221

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Caserío destruido por el incendio forestal de Yeste.....	45
Ilustración 2: <i>Pinus halepensis</i> que ha perdido más de la mitad de su copa, pero que ha sobrevivido al fuego (incendio de Almansa).	54
Ilustración 3: La destrucción de la vegetación por parte del fuego, deja al suelo mucho más desprotegido del impacto de la gota de lluvia, escorrentía superficial, etc. En la imagen una ladera en el incendio de Yeste.....	60
Ilustración 4: Parcela 19 de Liétor: no quemada.	109
Ilustración 5: Parcela 25 de Liétor: severidad baja.....	109
Ilustración 6: Parcela 26 de Liétor: severidad media.	110
Ilustración 7: Parcela 3 de Almansa: severidad alta.	110
Ilustración 8: Estimación de la proporción de la cobertura vegetal del suelo.	129

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo I: Interpolación de isolíneas	Anexos 1
Anexo II: Puntos de control. Ortorrectificación	Anexos 7
Anexo III: Determinación de parámetros solares	Anexos 27
Anexo IV: Catálogo florístico. Datos de campo.....	Anexos 29
Anexo V: Fotografías campo	Anexos 103
Anexo VI: Tablas de cruce: campo / mapa digital.....	Anexos 117

Capítulo I:

Introducción



Imagen de portada: Incendio de Almansa. Avance de las llamas.
(Foto cedida por *Forestales JCCM- Almansa*)

Capítulo I:

Introducción

“¿Quién te mueve, hombre, a abandonar tus propias habitaciones de la ciudad, a dejar tus parientes y amigos, a ir por lugares campestres, por montes y valles, si no es la belleza natural del mundo, la cual, si bien lo consideras, sólo con el sentido de la vista puedes gozar?”

Leonardo da Vinci

Las grandes masas forestales constituyen uno de los principales seguros de vida para la humanidad. La conservación y el fomento de su extensión deberían ser materia prioritaria para los gobiernos y entidades nacionales e internacionales. De sus múltiples beneficios, destacan tres por su actual relevancia:

- i) Son sumidero de CO₂ atmosférico, constituyendo un elemento de choque ante el incremento del efecto invernadero.
- ii) Constituyen una de las principales fuentes de agua potable de calidad que poseemos. El agua dulce se vislumbra como uno de los elementos más escasos del futuro.
- iii) Preservan y mejoran la calidad del suelo, dulcificando el clima y protegiéndolo contra el avance de la erosión y la desertificación.

Una de sus principales amenazas son los incendios forestales. A nivel global arrasan anualmente alrededor de 44 millones de hectáreas de bosque y matorral, y hasta 1000 millones de sabanas (Vélez, 2000a).

Los efectos que suceden a los grandes incendios (inundaciones, corrimientos y avalanchas de lodos, erosión, pérdida de biodiversidad, etc.) pueden ser tanto o más devastadores que la acción del propio fuego (Lachowski *et al.*, 1997).

Por todo ello, se hace necesario planificar actuaciones forestales que ayuden al ecosistema a recuperar la cubierta protectora, y a evitar grandes pérdidas de suelo que dificultarían la regeneración vegetal. De lo contrario, paralizada la sucesión ecológica en sus primeras etapas, alcanzar la *clímax* o, al menos, el estado previo al fuego, puede demorarse mucho más de lo razonable y, por consiguiente, los mencionados efectos negativos, pueden prolongarse en el tiempo innecesariamente.

Pero no toda la superficie quemada es igualmente vulnerable a las consecuencias del fuego. De hecho, los incendios forestales no son exógenos a la mayor parte de los ecosistemas naturales, que suelen estar adaptados para afrontar una recolonización, e incluso, benefician a determinadas especies (Hanes and Jones, 1967; Tyler, 1995; Nuzzo *et al.*, 1996). Sin embargo, habrá zonas en las que, por sus especiales características, las pérdidas de suelo serán mayores y la recolonización vegetal se verá dificultada.

El método que nos proponemos desarrollar pretende clasificar de forma semiautomatizada el área quemada, zonificándola en función de su grado de vulnerabilidad a la erosión. Los resultados permitirán elaborar, entre otros, un mapa con indicación de las zonas de “Prioridad de Actuación forestal Postincendio” (PAP).

Desde un punto de vista de gestión o aplicado, el conocer las zonas con prioridades más altas, significa un importante ahorro de recursos, ya que el terreno ocupado con las prioridades más bajas será eliminado de la planificación. Por otro lado, actuando forestalmente sobre las áreas de prioridades más altas evitaremos la mayor parte de los citados efectos negativos posteriores al fuego, al tiempo que la masa vegetal podrá lograr más fácilmente su desarrollo primitivo.

Pero es importante entender que la naturaleza debe siempre contemplarse con un enfoque holístico, en donde un gran conjunto de elementos originarán ecosistemas distintos, donde aparentemente debieran ser iguales. En ocasiones, sus causas escapan al razonamiento lógico, pudiéndose hablar de “caprichos de la naturaleza”. Pero en general, puede afirmarse que hay pautas o líneas de comportamiento regulares.

Como se justificará a lo largo de esta tesis doctoral, para estimar las zonas con Prioridad de Actuación Postincendio, nos apoyaremos básicamente en tres elementos:

- Severidad del fuego.
- Pendiente topográfica del terreno.
- Exposición solar del terreno.

Para el desarrollo del trabajo se han utilizado técnicas de estudio de fuego, incendio forestal, erosión y regeneración natural, así como aplicación de tecnologías de teledetección, tratamiento digital de imágenes y sistemas de información geográfica. Comprobamos, por tanto, que nos encontramos ante un estudio con carácter multidisciplinar, en el que ha sido necesario desarrollar estos elementos con profundidad suficiente para poder interconectar conocimientos de origen tan distinto.

En cualquier trabajo que pretenda desarrollar un nuevo método resulta imprescindible comprobar la bondad del mismo. Para ello, ha sido aplicado a tres grandes incendios¹, que se produjeron en la provincia de Albacete en los años 1994 (uno de ellos) y 2000 (los dos restantes). Mediante matrices de contingencia y diferentes estadísticos averiguaremos si las propuestas teóricas se ajustan a la realidad del campo (verdad terreno).

¹ La DGCN considera “gran incendio” al que supera las 500 ha de superficie quemada.

En el desarrollo del método utilizaremos:

- Técnicas de teledetección aplicadas a imágenes Landsat TM y ETM+, para estimar la superficie afectada y el mapa de severidad del fuego.
- Técnicas GIS para la obtención de cartografía de pendientes y orientaciones, partiendo de un Modelo Digital de Elevaciones generado a partir de altimetría 1:25000. Asimismo, se usarán para el cruce y análisis de las posibles relaciones existentes entre la pendiente, la orientación, la superficie quemada y la severidad del fuego.
- Trabajo de campo para determinar la severidad real del fuego, el nivel de erosión, evaluar la recuperación mediante inventarios florísticos, etc.

Todas estas tareas nos han llevado a extraer, además del mapa PAP (motivo fundamental de esta tesis), otros que pueden resultar interesantes en el estudio del comportamiento del fuego, su severidad, regeneración, erosión, etc.

Una vez optimizado el método propuesto, podemos poner de relieve algunas de sus ventajas:

- La rapidez en la obtención del mapa de PAP. Dependeremos fundamentalmente del tiempo que transcurra desde la extinción del fuego hasta el paso del satélite y la consiguiente captura de la imagen postincendio. En ese intervalo podrá realizarse una pequeña campaña de campo para determinar algunas parcelas de entrenamiento que nos sirvan de referencia para estimar la severidad del fuego.
- La independencia de la extensión de la superficie quemada. El proceso se realizará con igual premura para un incendio que ocupe unos cientos de hectáreas que para otro de miles.
- Su objetividad. Ya que una vez normalizado el proceso los requerimientos de decisión humana pueden reducirse en gran medida.
- Las ventajas propias de trabajar en un SIG, con cartografía georreferenciada, en donde podremos conocer todas las características de cada parcela de PAP (pendiente, exposición de la ladera, vegetación previa al fuego, etc.). De esta forma se podrán planificar más fácilmente las actuaciones necesarias en cada una de ellas, pormenorizadamente o agrupadas considerando algún criterio técnico.

En cuanto a la redacción del conjunto del trabajo, se presenta en este texto estructurada en 8 capítulos, además de la bibliografía y los anexos. Su contenido es el siguiente:

- En el primer capítulo, *Introducción*, se ofrece una panorámica general del marco de aplicación del estudio, explicando sucintamente en qué se apoya y las herramientas que utiliza. También se hace referencia a cómo se ha estructurado el texto sintetizando cada uno de los capítulos.
- El capítulo segundo, *Justificación y objetivos*, contempla, desde un punto de vista global: algunos problemas acarreados por la erosión y desertificación; el valor de las masas forestales para evitar estos riesgos; algunas reacciones normativas y legislativas de gobiernos y entidades internacionales para paliar los efectos de la

erosión y desertificación, fomentando la conservación y mejora de las masas vegetales. También, cómo contempla la legislación española el valor de los montes, la relación entre los incendios forestales y la pérdida de las masas protectoras, la necesidad de recuperar las zonas quemadas y de su adecuada planificación. Finalmente, se comentarán los objetivos propuestos en el estudio.

- En el capítulo tercero, *Estado del arte*, se aborda la preocupación de las entidades internacionales por la recuperación de las zonas quemadas y los esfuerzos realizados en esta línea. Haremos, además, un repaso de los grupos de investigación, los proyectos y la literatura científica que tienen objetivos parecidos a los que nosotros proponemos y utilizan medios similares (Teledetección y SIG). Aquí se observará la escasez de los mismos, debido a que son pocos los proyectos abiertos en esta línea, y a que solo los desarrollados en EE.UU. han sido puestos en práctica. Por último, se han incluido trabajos y/o grupos de trabajo que, por su especial relevancia en alguno de los puntos en los que se apoya el presente estudio, se han considerado interesantes. Así, sobre severidad de fuego usando teledetección, erosión tras el incendio y erosión utilizando teledetección y SIG.
- El cuarto capítulo, *Área de estudio*, hace una descripción de las tres zonas que se han elegido como campo de pruebas. Nos referiremos, en líneas generales, a su situación geográfica, geomorfología, litología, edafología, hidrología, precipitación, temperatura y caracterización climática, y vegetación y flora más destacable. Para terminar, haremos un repaso de algunas de las características del incendio: cuando ocurrió (fecha y hora), condiciones climáticas detectadas, superficie y vegetación quemada y pérdidas estimadas.
- En el quinto capítulo, *Conceptos previos*, dado que éste es un trabajo multidisciplinar, en el cual entran a formar parte conceptos de muy diversa índole, se ha considerado oportuno hacer un breve repaso teórico de cada uno de ellos. Así, trataremos del fuego, de los incendios forestales, del concepto de severidad de fuego y de sus implicaciones, de la erosión, de la regeneración natural, de la teledetección y de los SIG.
- El sexto capítulo, *Método*, dedica sus páginas a exponer cómo se ha planteado el trabajo para obtener los objetivos propuestos. Ordenados cronológicamente, se han especificado y justificado cada uno de los pasos necesarios para la correcta aplicación del procedimiento.
- En el octavo capítulo, *Resultados y discusión*, se han recogido los resultados obtenidos para cada caso de estudio, comentándose y discutiéndose en base a los siguientes puntos:
 - Resultados de la aplicación de los distintos métodos de teledetección para estimación de la severidad.
 - Superficie afectada por el incendio y análisis de ésta con respecto a la severidad del fuego y a parámetros topográficos.

- Correlación de parámetros topográficos con respecto a la severidad del fuego.
- Estudio de la flora y vegetación del incendio, y de su relación con los parámetros geomorfológicos y la severidad del fuego.
- Áreas con prioridad de actuación postincendio.

Finalmente, se han resumido y discutido los rasgos comunes aparecidos en los tres incendios en cada uno de los puntos especificados.

- En el capítulo noveno, *Conclusiones*, se hace una síntesis de los hechos más importantes que se extraen de los resultados obtenidos por el estudio de todos los elementos investigados.
- En el apartado *Bibliografía* se han recogido las referencias completas de todos los autores citados a lo largo del texto.
- En *Anexos* se incluye toda aquella información que puede resultar de interés a nivel de consulta, pero que no tiene cabida a lo largo del texto. También múltiples tablas de combinación de diferentes mapas con las parcelas estudiadas en el campo, y que constituyen un ingente volumen de datos de consulta, pero que resultan innecesarios dentro de los capítulos correspondientes.

Capítulo II:

Justificación del estudio. Objetivos



Imagen de portada: Incendio de Yeste. Efecto de un fuego severo.
(Foto cedida por *Jesús Camacho*)

Capítulo II:

Justificación del Estudio. Objetivos

"El hombre de estos campos que incendia los
pinos y su despojo aguarda como botín de guerra,
 antaño hubo raído los negros encinares
 y talado los robustos robledos de la sierra.
Hoy ve sus pobres hijos huyendo de sus lares,
 la tempestad llevarse los limos de la tierra
 por sagrados ríos hacia los anchos mares,
y en páramos malditos trabaja, sufre y yerra".

Antonio Machado

II. 1.- JUSTIFICACIÓN.

Justificar cualquier estudio cuya finalidad sea la lucha contra la **erosión**, contra el avance de la **desertificación**, o que facilite la **recuperación** de ecosistemas naturales, es una tarea sencilla, puesto que estas acciones se han convertido en materia prioritaria para instituciones internacionales (UNESCO, FAO o UICN²) y gobiernos nacionales y regionales (Ley de Montes 43/2003; Ley 26/1988 de conservación de suelos y protección de cubiertas vegetales naturales de Castilla-La Mancha, etc.), que han dejado los argumentos bien asentados.

Así, en el recientemente celebrado *NATO-Workshop on Desertification in the Mediterranean Region: A Security Issue* (Valencia 2-5 de diciembre de 2003), patrocinado por la OTAN, se apuntaron una serie de implicaciones de la desertificación, concretadas en el Mediterráneo:

- Crisis de agua en términos de cantidad y calidad. Así, en Marruecos, en los años 90 del pasado siglo cada individuo disponía de 1151 m³/año. La estimación para el 2026 es de 689 m³/persona año.
- Reducción en la producción agraria por pérdida de suelo fértil. En Argelia el área agrícola se ha reducido de 0,82 ha/persona en 1962 a 0,20 ha/persona en el 2003.
- Aumento de los movimientos migratorios desde las zonas rurales, por la pérdida de oportunidades y calidad de vida, a las ciudades o a otros países. Por ejemplo, en Jordania el 90% de la población vive en el 10% del territorio.

² UICN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza

La desertificación es una amenaza común, prácticamente global, cuyas implicaciones, tal y como se observa, no sólo son biofísicas, sino también socioeconómicas. Para Cerdà (2001), reducir la erosión debe entenderse como una estrategia de supervivencia, especialmente en el ámbito mediterráneo.

Sabemos que en la lucha contra la erosión y desertificación, el mantenimiento de las masas forestales es uno de los medios más eficaces. La desaparición repentina de estas coberturas puede suponer graves riesgos para las poblaciones, debido al incremento de probabilidad de avenidas e inundaciones, si las lluvias son fuertes. Además, disminuye la calidad del agua, reduce la capacidad productiva de los suelos, hace peligrar las infraestructuras, colmata los embalses, etc. (Parsons and Orlemann, 2002).

El protocolo de Kyoto, ratificado en 1997, en sus Artículos 3.3 y 3.4, hace mención al fomento de las repoblaciones forestales y a la gestión sostenible de las masas naturales. Nuestra Ley de Montes (Ley 43/2003) reconoce el valor de los montes en su Artículo 4: “Los montes, (...) desempeñan una labor social relevante, tanto como fuente de recursos naturales como por ser proveedores de múltiples servicios ambientales, entre ellos, de protección del suelo y del ciclo hidrológico, de fijación del carbono atmosférico, de depósito de la diversidad biológica y como elementos fundamentales del paisaje”. Desde el Ministerio de Medio Ambiente se aprecia una especial sensibilidad por la conservación de estos recursos. Así, se esgrime que “...el mantenimiento y mejora de los montes en el marco de la gestión sostenible constituyen una prioridad medioambiental en nuestro país” (Torres-Quevedo *et al.*, 2004). Por otro lado, la citada Ley, en su Artículo 4 dice: “(...), obliga a las Administraciones públicas a velar en todos los casos por su [refiriéndose a los bosques] conservación, protección, restauración, mejora y ordenado aprovechamiento”.

A pesar de toda esta sensibilización nacional e internacional, en la citada reunión científica sobre desertificación en el Mediterráneo se habló de que en el caso de España, paradójicamente, la política de abandono de tierras agrarias fomentado por la Unión Europea y la mala gestión de estas superficies se han traducido en un aumento de las pérdidas de suelo por erosión.

Una de las principales amenazas de las masas vegetales naturales son los **incendios forestales**, que provocan cambios en las propiedades hidrológicas de los suelos, favoreciendo el incremento de la escorrentía superficial, los procesos de erosión y la consiguiente degradación del suelo (Cerdà *et al.*, 1995; Cerdà, 1998b; Robichaud, 2000; Andreu *et al.*, 2001; Martín and Moody, 2001; Pierson *et al.*, 2002). Materia prioritaria debería ser, por tanto, el fomento de la **recuperación** del ecosistema, especialmente tras los grandes incendios. Así lo establece nuestra Ley de Montes en su Artículo 50: “Las comunidades autónomas deberán garantizar las condiciones para la restauración de la vegetación de los terrenos forestales incendiados...”. Pero, desde un punto de vista realista, la Administración no dispone de recursos suficientes para abordar la rehabilitación de todas las áreas afectadas por el fuego. Y, de hecho, no es necesario actuar en la totalidad, dada la extraordinaria capacidad de regeneración natural de la que disponen los ecosistemas mediterráneos, sino en las áreas más vulnerables.

Nuestro estudio pretende ayudar en este punto, seleccionando de forma rápida y eficaz, dentro de las zonas quemadas, aquéllas que tienen un mayor peligro de erosión y, por tanto, requieren una mayor urgencia de tratamientos forestales encaminados a proteger el suelo y restaurar la vegetación. Con esta herramienta, los gestores forestales pueden planificar sus actuaciones, en función de las características que haya tenido el incendio, de los medios que posean y de los recursos económicos de que dispongan.

Se trata, pues, de un trabajo de predicción de riesgos, uno de los temas destacados en las conclusiones del citado congreso sobre desertificación, junto al estudio de los procesos de desertificación y su prevención.

Finalmente, quisiera dejar una idea completamente clara. Estas técnicas, acompañadas de los tratamientos de campo adecuados pueden conseguir reducir sustancialmente la erosión, principalmente si la estación lluviosa tras el fuego es suave. Sin embargo, si las lluvias son torrenciales o especialmente fuertes, ni los mejores tratamientos supondrán la ausencia de erosión ni eliminarán la posibilidad de aparición de avenidas e inundaciones, ya que éstos son procesos completamente naturales.

II.2.- OBJETIVOS.

A) OBJETIVO PRINCIPAL

El objetivo principal de este trabajo puede sintetizarse en el desarrollo de un método semiautomático capaz de agrupar, dentro del área afectada por un incendio forestal, las diferentes regiones según el peligro de erosión a que estén expuestas o, desde otra perspectiva, según requieran con mayor o menor urgencia tratamientos de rehabilitación. Es lo que llamaremos PAP (Prioridad de Actuación Postincendio).

Es, por tanto, propósito de este estudio ayudar en la planificación de los trabajos que los gestores forestales deben realizar poco después de haber sido controlado el fuego, especialmente en las vastas extensiones de terreno que dejan los grandes incendios forestales. Para ello se ensayará el método en tres grandes incendios, clasificando el área quemada en diferentes grados de Prioridad de Actuación Postincendio forestal, basados en algunas de las características erosivas concretas de cada zona.

B) OBJETIVOS SECUNDARIOS

Para alcanzar el citado objetivo principal y desarrollar nuestra hipótesis de trabajo, se han planteado los siguientes objetivos secundarios:

1. Desarrollar un método de estimación de la severidad del fuego utilizando imágenes de satélite, que sea sencillo, funcional y adaptado a nuestros ecosistemas. En la literatura aparecen, como más adelante se explicará, diferentes métodos de estima de la severidad del fuego, pero en su mayoría son harto complejos, y obtienen unos resultados no mucho mejores que los procedentes de otros más simples. Comprobaremos aquí diferentes variaciones de dos métodos basados en el NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) y en el NBR (*Normalized Burn Ratio*).
2. Elaborar matrices de combinación de datos, que hagan confluir los valores de pendiente, de orientación y de severidad del fuego. Su resultado final será un mapa temático en el que se determinen las áreas Prioritarias de Actuación Postincendio forestal (PAP). Para ello, tendremos en cuenta cómo influyen y cómo se interrelacionan esos parámetros con respecto a la escorrentía superficial, la erosión, la regeneración de la vegetación, etc. Estas tablas de combinación serán desarrolladas y explícitas en el capítulo correspondiente a método. Puesto que su resultado es el objetivo principal, será junto a éste, y en su apartado correspondiente, donde se valore su eficacia.

Finalmente, y aprovechando que hemos conseguido una notable cantidad de información del área quemada (severidad del fuego, pendiente, exposición, regeneración, erosión en campo, etc), y gracias a las facilidades ofrecidas por el SIG, hemos procedido a extraer otros resultados, que pueden indicarnos las pautas de

comportamiento específicas para cada caso de estudio, así como la posibilidad de extraer patrones comunes de desarrollo del fuego en este tipo de incendios forestales, a partir del análisis conjunto de los tres incendios. De esta forma, podemos extraer los siguientes objetivos:

3. Analizar la superficie quemada con respecto a la orientación, la pendiente y la severidad del fuego. Con ello intentaremos determinar si existe tendencia a que el fuego queme mayor proporción en solana o umbría, si tiene propensión por alguno de los niveles de pendiente y si la severidad del fuego predominante es alta, media o baja.
4. Analizar la orientación y pendiente del área quemada, con respecto a la severidad del fuego. Al igual que en el caso anterior, comprobaremos si el fuego tiende a ser más severo en las solanas o en las umbrías, en las pendientes bajas, medias o altas. Serán analizados caso a caso, y de forma global.
5. Estudiar y valorar el nivel de recuperación de la vegetación. Realizar inventarios florísticos en determinadas parcelas para conocer cómo ha reaccionado el ecosistema ante la acción del fuego, considerando, básicamente, la cobertura del suelo, severidad de fuego, pendiente y orientación.
6. Evaluar el proceso de erosión. Una vez conocido el nivel de erosión de las parcelas examinadas en el campo, podremos extraer algunos resultados del comportamiento de este parámetro con respecto al fuego.

Capítulo III:

Estado del arte



Imagen de portada: Incendio de Almansa. Columna de humo.
(Foto cedida por *Forestales JCCM- Almansa*)

Capítulo III:

Estado del arte

"Observa sin cesar que todas las cosas suceden
mediante el cambio; acostúmbrate a pensar que a
la Naturaleza lo que más le gusta es cambiar las
cosas existentes y hacer cosas nuevas,
parecidas a estas".

Marco Aurelio

Las consecuencias de los incendios forestales no pasan desapercibidas ni a la población, ni a los responsables de la gestión forestal. Por ello, la sensibilización, sobre todo en los países más desarrollados, ha comportado la creación de planes de rehabilitación de áreas afectadas por grandes incendios. No obstante, los esfuerzos en la recuperación de los ecosistemas quemados no parecen haber sido suficientes, al menos, en algunas partes del mundo (Moore and Sumardja, 2004).

Las referencias más antiguas en cartografía de vulnerabilidad y riesgo de erosión, y tratamientos de rehabilitación tras incendios forestales, las encontramos en Estados Unidos, en donde a comienzo de los 60, el USFS (Servicio Forestal de los EE.UU.), forma un equipo de especialistas en aguas y suelos para que realice evaluaciones de cuencas quemadas en el sur de California, debido al incremento de problemas de erosión, inundaciones, avalanchas de lodos, etc. causados por los incendios forestales. Estos estudios determinaban los efectos del fuego sobre la vegetación, y el riesgo de erosión y avenidas. Incluían valores como salud, seguridad humana, propiedades, infraestructura, pérdida de productividad del suelo y recursos naturales en peligro (Parsons, 2004 -comunicación personal). Algunos ejemplos son el informe de rehabilitación urgente de Crum Canyon (USDA, 1976) o el de rehabilitación para el incendio Bridge Creek (USDA, 1979).

En el sur del Mediterráneo, Colin *et al.* (1999) y Colin y Jappiot (2001), hacen una síntesis de las políticas rehabilitación de zonas quemadas y prevención de incendios en Siria, Marruecos, Chipre y Túnez.

Por otro lado, la UNESCO también manifiesta cierta experiencia en la rehabilitación de zonas quemadas, tanto desde el punto de vista técnico como operativo (UNESCO, 1998). Así, para ecosistemas tropicales, este organismo ha fomentado encuentros científicos en diferentes puntos del sureste asiático: en Kuala Lumpur (febrero de 1992), Hanoi (junio-julio 1993) y Brisbane (noviembre 1991 y febrero de 1997). En julio de

1993, en Tailandia organizó un *workshop* sobre rehabilitación de tierras degradadas, como continuación de una serie de visitas científicas a este tipo de ecosistemas de Indonesia, Malasia, Tailandia y Vietnam durante abril de 1993. Todo ello dio lugar a una interesante publicación de referencias anotadas, en rehabilitación de tierras degradadas (Lamb *et al.*, 1995).

Durante los años que ha requerido la elaboración de este estudio, se ha realizado una exhaustiva búsqueda, en la bibliografía científica, en la red y mediante consultas personales a científicos de varios países, de aquellos trabajos que tuvieran una filosofía similar a la propuesta por nosotros. Se han seleccionado los siguientes:

- El trabajo más antiguo encontrado es el de D.L. Isaacson y C.J. Alexander del Laboratorio de Aplicaciones Mediambientales de Teledetección de la Universidad de Oregón, y H.G. Smith del *Lock-heed Enginieering* de Houston (Isaacson *et al.*, 1982). Estos autores, dentro del libro “*Remote Sensing for Resource Management*”, editado por la *Soil Conservation Society of America*, escriben un capítulo titulado “*Erosion hazard reduction in a wildfire damaged area*”. En él muestran, aplicando su hipótesis a un caso real, como utilizando teledetección para cartografiar la severidad del fuego, y, sobre las diferentes áreas determinadas, realizando distintas labores para proteger el suelo (barreras de ramas, semillado, etc), la erosión se reduce al mínimo durante las primeras tormentas fuertes.

Dicho estudio lo apoyan, en la clasificación de imágenes Landsat MSS, en un importante trabajo de campo, en información extraída de fotografía aérea, así como en el análisis de las cuencas de sedimentación, en la variación de concentración de solutos en ríos y afluentes, materiales arrastrados, etc.

- Michael Karteris de la Universidad de Tesalónica, en Grecia (Karteris, 1997), realiza un análisis de las ventajas que aportan teledetección y SIG, en la evaluación de los impactos del fuego, tanto a corto plazo (identificación del área quemada, evaluación y zonificación del daño sobre la vegetación, etc) como a largo plazo (estado de la regeneración, degradación del suelo, impacto ecológico, respuesta hidrológica, contaminación del aire, actividades de recuperación, etc).
- BAER (*Burnt Area Emergency Response*) (Bobbe *et al.*, 2001a,b; Parsons and Olerman, 2002; Parsons, 2004-comunicación personal): Se trata de una evolución del equipo formado por el USFS en el sur de California, extendida al resto del país y que con los años incorpora los SIG y clasificación de la severidad del fuego, usando imágenes de satélite. Es un equipo multidisciplinar, reunido en EE.UU. cada vez que se produce un gran incendio, e inmediatamente después de su control. Su misión es cuantificar el daño causado por el fuego y evaluar los posibles riesgos que puede acarrear el incendio, tanto para la vida humana, como para la potencial pérdida de productividad de suelo. Si el equipo BAER determina que la situación es de emergencia, que existe amenaza, en un plazo de 7 días tras el control del fuego, elabora un plan con propuestas para la rehabilitación de la zona, y encaminadas a minimizar la amenaza antes de las primeras tormentas fuertes. En resumen, elabora una cartografía de riesgos y un plan para realizar el control de la erosión.

Forman parte del equipo biólogos, arqueólogos, edafólogos, geólogos, ecólogos, ingenieros, forestales, botánicos, especialistas en SIG y GPS de todo el país.

El elemento que consideran clave para determinar la erosión es la severidad del fuego. Inicialmente se cartografiaba manualmente por observación directa desde un helicóptero. También se ha usado fotografía aérea, pero actualmente, se obtienen los mapas de severidad del fuego analizando imágenes de satélite, generalmente Landsat, aunque, puntualmente utilizan SPOT. Todo ello es complementado con un importante trabajo de campo e información auxiliar introducida en un SIG.

Para predecir la erosión y escorrentía superficial, utilizan varias técnicas, pero entre ellas destaca la ecuación universal de la pérdida de suelos (USLE) y la misma revisada (RUSLE), que implementan en un SIG.

- AUTO-HAZARD PRO - AUTOMATED FIRE AND FLOOD HAZARD PROTECTION SYSTEM (www.aegean.gr/geogrpaphy/autohazard/). Se trata de un proyecto financiado por la Unión Europea dentro de su Vº Programa Marco, coordinado por Kostas Kalabokidis, de la Aegean University (Grecia), en el que participan socios de Grecia, Holanda y España. Su propósito inicial es integrar sobre una plataforma SIG y en la red, el riesgo de incendio y de avenidas en tiempo real. Entre sus resultados está previsto que asista en la planificación de la rehabilitación de áreas quemadas, para prevenir las posibles inundaciones.

En lo que a nosotros concierne, podemos observar que el objetivo de este proyecto (prevención de avenidas), es diferente al nuestro (prevención de las pérdidas de suelo). Sin embargo, tanto los medios, como las acciones son las mismas, razón por la que lo consideramos interesante.

La evaluación de las áreas quemadas, se realiza conjugando trabajos de campo con análisis de imágenes de satélite. La planificación de la rehabilitación se hace mediante programas informáticos que asisten en la decisión de las técnicas más adecuadas.

- Por otra parte, existen otros proyectos financiados por la Unión Europea como MEGAFiReS o PROMETHEUS, y que recogen, entre sus objetivos, la cuestión del análisis de los daños producidos por el fuego, usando teledetección. En el último ejemplo (PROMETHEUS), incluso trata de evaluar el impacto sobre el suelo.
- En España, la primera referencia encontrada, consiste en un trabajo propio de 1997 (Ruiz Gallardo *et al.*, 1997). En el artículo, se apuntan las ideas de esta tesis doctoral, aunque en sus albores, y de forma teórica.
- En la misma línea, desde la Universidad de Córdoba (ETSI de Agrónomos y de Montes) y patrocinados por la Junta de Andalucía, Rafael M. Navarro y sus colaboradores (Navarro *et al.*, 1997; Navarro *et al.*, 2001), se han realizado diferentes estudios sobre incendios ocurridos en Andalucía. En ellos utilizan teledetección (imágenes Landsat) para discriminar la severidad del fuego. A partir de esta, de mapas de vegetación y de la pendiente del terreno, proponen actividades para recuperar el área afectada.

Puesto que el trabajo que presentamos tiene un carácter multidisciplinar, estimamos conveniente incluir una revisión de aquellos grupos de investigación, autores y trabajos, que, en las principales disciplinas, han aportado importantes conocimientos al desarrollo de esta tesis doctoral.

Así, en cuanto a la estimación de la severidad del fuego, usando teledetección:

- Carl H. Key y Nate C. Benson (Key and Benson, 2004a,b), del USGS, en: *Northern Rocky Mountain Science Center*, en Montana (EE.UU.), dentro del proyecto FIREMON (*Fire Area Monitoring*), hacen un extensísimo trabajo descriptivo, del tratamiento de imágenes de satélite para extraer la severidad del fuego. En él, proponen y desarrollan su propio método, basado en imágenes Landsat. El proceso es evaluado en un importante número de fuegos. Su método es frecuentemente empleado en el proyecto BAER (*Burned Area Emergency Rehabilitation*, citado en párrafos previos). Nosotros hemos ensayado su método en nuestros ecosistemas.
- Joseph D. White (White *et al.*, 1996) de la Universidad de Montana, comprueba el comportamiento espectral de la severidad del fuego. Usando como caso de estudio un incendio en el *Glacier National Park*, en Montana, compara diferentes procedimientos para la determinación de este parámetro, concluyendo que la clasificación de la banda 7 de Landsat, es la que proporciona los mejores resultados.
- Richard A. Shakesby, de la universidad de Wales Swansea, en el Reino Unido, junto a otros colaboradores de esa universidad, del gobierno australiano y de *CSIRO Land and Water* (Shakesby *et al.*, 2003), realizan un trabajo en donde determinan la severidad del fuego usando diferencia de NDVI, y lo relacionan con los posibles cambios en las propiedades hidrogeomorfológicas, hidrofóbicas, etc. del territorio afectado. Comprueban sus hipótesis en un incendio en Australia, utilizando imágenes Landsat.
- Emilio Chuvieco, y su equipo de la Facultad de Geografía de la Universidad de Alcalá de Henares, han realizado trabajos de estimación de la severidad del fuego utilizando imágenes Landsat y NOAA-AVHRR. Para ello, usan clasificación multiespectral supervisada (Chuvieco and Congalton, 1988).
- Steven P. Brumby y sus colaboradores del *Space and Remote Sensing Sciences Laboratory*, en Los Alamos (EE.UU.), proponen un método de basado en inteligencia artificial para estimar la severidad.

En lo respectivo a incendios forestales y ecología del fuego, son numerosos los investigadores y grupos que tienen un peso específico importante a nivel internacional. Centrándonos en los más influyentes para nuestro trabajo, destacan:

- Louis Trabaud, del Centro Nacional de Investigaciones Científicas de Montpellier, es una de las figuras europeas de mayor relevancia e influencia a nivel internacional. Sus trabajos generales sobre incendios forestales (Chandler *et al.*, 1983; Trabaud, 1992) y específicos sobre impacto ecológico del fuego y regeneración del

ecosistema (Trabaud *et al.*, 1985, 1997; etc) son referencia obligada en cualquier trabajo de incendios forestales.

- Robert J. Whelan, de la Universidad de Wollongong (Australia). Su bibliografía sobre la influencia del fuego en las dinámicas de las poblaciones tanto vegetales como animales, el reestablecimiento de las mismas e incluso en la redistribución de poblaciones humanas, es ingente y de una excepcional calidad. Fundamentalmente hemos utilizado su manual sobre ecología del fuego (Whelan, 2001), y que sintetiza gran parte de su trabajo en este sentido.
- De entre los españoles, podemos destacar a Ricardo Vélez, investigador de la Dirección General para la Conservación de la Naturaleza, y líder del área de incendios durante muchos años. Resaltaremos el libro “La Defensa contra Incendios Forestales”, coordinado por él, y en el que es autor de un buen número de capítulos. El texto sintetiza los conocimientos alcanzados hasta la fecha, por los investigadores más influyentes de nuestro país (Vélez, 2000b).

Continuando con los equipos, autores y trabajos dedicados a la erosión, cambios en las propiedades del suelo, etc, producto de los incendios forestales, seleccionamos los siguientes:

- John Moody y Deborah Martin, del USGS en Boulder (EE.UU.) hacen numerosos trabajos en donde evalúan cambios en las propiedades del suelo, variaciones en la capacidad de infiltración, en los fenómenos de hidrofobicidad, en la escorrentía superficial, etc., y analizan las respuestas hidrológicas y de sedimentos en cuencas completas, etc (Martin and Moody, 2001; Moody, 2001; Moody and Martin, 2001;).
- Peter Robichaud y sus equipos, tanto del USDA- *Forest Service, Rocky Mountain Research Station*, en Moscow, Idaho (EE.UU.), como de otras estaciones, estudian desde diferentes puntos de vista, los efectos de los incendios forestales en la erosión, en áreas con pendiente. Comprueba que la erosión aumenta con la severidad del fuego, que también se relaciona con la hidrofobicidad y capacidad de infiltración, la influencia de la variación espacial del fuego y los mosaicos de vegetación-suelo desnudo, etc. (Robichaud and Waldrop, 1994; Robichaud, 1996, 2000; Robichaud and Brown, 1999)
- Frederick B. Pierson del USDA *Northwest Watershed Research Center*, en Tucson (Arizona), evalúa cambios espaciales y temporales en la hidrología y en la erosión de diferentes entornos quemados en zonas con pendientes (Pierson and Carlson, 2001; Pierson *et al.*, 2001a,b, 2002, 2003)
- De los grupos españoles, los que mayores aportaciones han hecho en nuestro trabajo, tanto por la similitud de sus ecosistemas, como por su proximidad y buena voluntad de intercambio científico, son el Centro de Investigaciones sobre Desertificación (CIDE) de Valencia, dependiente del CSIC y el Departamento de Geografía de la Universidad de Valencia, ambos muy ligados entre sí, e incluso con investigadores comunes. Sus trabajos sobre la alteración de las propiedades del suelo tras el paso del fuego (Cerdà, 1993; Andreu *et al.*, 1994, 1996, 2001), la

influencia de la pendiente y la orientación en la erosión (Cerdà *et al.*, 1995; Cerdà and Garcia-Fayos, 1997; Cerdà, 1998a), el efecto de la vegetación y su distribución en el proceso erosivo (Cerdà, 1997,1999; Andreu *et al.*, 1993, 1998), etc, han resultado de inestimable ayuda para resolver y apoyar múltiples elementos de esta tesis.

Finalmente, parece interesante citar algunos trabajos que, aunque no estén destinados a ecosistemas incendiados, tratan sobre la aplicación de la teledetección y SIG a los estudios de evaluación del riesgo de erosión hídrica. Las ideas que estos nos muestran, pueden ser fácilmente aplicables a las zonas quemadas. La mayoría de estos estudios, caracterizan mediante teledetección y/o SIG, aquellos parámetros que influyen directamente en la erosionabilidad de los suelos (tipo de suelo, pendiente, cobertura vegetal, etc), y en la agresividad de los agentes erosivos, especialmente la lluvia y la escorrentía. Así: Chackroun *et al.* (1993); Hill *et al.* (1995); Montesinos (1995); Folly *et al.* (1996); Cialella *et al.* (1997); Miller *et al.* (2003).

Capítulo IV:

Área de estudio



Imagen de portada: Incendio de Almansa. Vista aérea parcial de la zona quemada.
(Foto cedida por *Forestales JCCM- Almansa*)

Capítulo IV:

Área de estudio

“La Naturaleza benigna provee de manera que
en cualquier parte hallas algo que aprender”

Leonardo Da Vinci

Para desarrollar y verificar el método se han seleccionado los tres incendios de mayores dimensiones que se han producido en la provincia de Albacete en los últimos 10 años y que denominamos, de acuerdo al nombre del término municipal mayoritariamente afectado. Así tenemos:

1. Yeste.
2. Almansa.
3. Liétor.

Las características básicas de cada una de estas zonas son las siguientes:

IV. 1.- YESTE.

El incendio de Yeste (Figura 1) se sitúa en la porción suroccidental de la provincia de Albacete, aunque también afectó a una pequeña porción de la provincia de Jaén (34 ha). Según los datos oficiales, el término municipal más afectado fue el de Yeste, con 12817 ha, seguido de Molinicos, con 1401 ha. Las coordenadas que lo encuadran son (UTM, huso 30 N): X= 547750 – 568850, Y= 4233800- 4258350. Dentro del área quemada, la cota más baja es de 600 m y la encontramos en la zona más próxima al embalse de La Fuensanta. La máxima aparece en el área próxima al Calar del Mundo, con 1500 m. Los puntos mínimo y máximo de toda el área aparecen en el Río Júcar (520 m) y en el Cerro de las Mentiras (1896 m).

Geomorfológicamente, la zona presenta alineaciones montañosas de dirección predominante SO-NE, pertenecientes al margen externo de las Cordilleras Béticas. En general son potentes depósitos calcáreos de edades Jurásica y Cretácica, que, usando los materiales Triásicos como nivel de despegue en respuesta a los empujes meridionales de la tectónica alpina, se han situado sobre la cobertera tabular de la Meseta, formando un escarpado relieve, caracterizado por la acción kárstica en todas sus manifestaciones.

La litología es, pues, calcárea exceptuando pequeños afloramientos metamórficos paleozoicos y algunas zonas silicatadas provenientes del depósito de arenas, como el Cretácico en facies Utrillas (Rodríguez-Estrella, 1979).

Edafológicamente presenta pocas variaciones; aparecen suelos arenosos (regosoles decarbonatados de escasa profundidad (<40 cm) y pH entre 6 y 7 (Trabaud *et al.*, 1997).

Hidrográficamente la zona pertenece a la Cuenca del Río Segura, siendo este el principal eje fluvial del área. Son múltiples los arroyos que temporalmente portan agua, y que fluyen hacia el río principal. Digno de mención es también el Embalse de la Fuensanta, que hace de límite sureste de la zona incendiada.

La precipitación media anual es de 536,9 mm, con dos máximos en el año, en abril y octubre. Los valores máximos y mínimos de precipitación se dan en los meses de abril (65 mm) y julio (10 mm) (MAPA, 1988). Su temperatura presenta una amplia oscilación alrededor de una media anual de 13,2° C. Los máximos y mínimos se dan en los meses de julio (37,5° C) y enero (1,9° C) (MAPA, 1988).

Climáticamente, la zona se encuentra a caballo entre el horizonte superior del piso Mesomediterráneo y el inferior del piso Supramediterráneo, con ombroclima húmedo. (Herranz *et al.*, 1991a).

La vegetación climática, dependiendo de las zonas, pertenece a la asociación *Pyro bourgeaneae-Quercetum rotundifoliae* y a *Paeonio coriaceae-Queceto rotundifoliae* (Herranz *et al.*, 1991b; Ferrandis, 1996). Actualmente, y debido a la fuerte presión antrópica a la que han estado sometidas, las comunidades están constituidas por pinares de *Pinus halepensis* y en menor extensión, de *Pinus pinaster* (Trabaud *et al.*, 1997). En cuanto al resto de la vegetación, el estrato arbustivo está dominado por *Cistus monspeliensis*, *C. albidus*, *C. ladanifer*, *C. clusii*, *Rosmarinus officinalis*, *Quercus ilex ssp. ballota*, *Q. coccifera*, *Juniperus oxycedrus*, *Pistacia terebinthus*, *P. lentiscus*, *Daphne gnidium*, *Phillyrea angustifolia*, *Genista scorpius*, *Dorycnium pentaphyllum*, *Erica scoparia*, *E. arborea*, etc. En el estrato herbáceo encontramos, entre otras especies: *Brachypodium retusum*, *B. phoenicoides*, *Holcus lanatus*, *Filipendula vulgaris*, *Aphyllanthes monspeliensis*, *Plantago lanceolata*, *Catananche caerulea*, etc. (De las Heras *et al.*, 1993; Trabaud *et al.*, 1997; Martínez-Sánchez *et al.*, 1999).

La masa boscosa es relativamente homogénea, diferenciándose principalmente en el nivel de cobertura del estrato arbóreo. En las áreas más abiertas aparece una mayor cobertura de matorral y en las más arboladas predominarán las herbáceas perennes. No obstante, de las tres áreas de estudio, se trata de la que presenta una cobertura más espesa y donde el arbolado ocupa una mayor fracción de cabida cubierta.

Según el parte oficial del incendio proporcionado por el servicio de Montes de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha (CAMA-CM, 1994), el fuego se detectó a las 17:27 horas del 7 de agosto de 1994. Se dio por controlado el día 14 del mismo mes, a las 14:00 horas. Las condiciones climáticas recogidas en el momento del comienzo fueron:

- Humedad relativa: 23%,
- Días desde la última lluvia: 90.
- Tª máxima del día: 34° C.
- Velocidad del viento y dirección del viento: 10 Km·h⁻¹, aunque se incrementó posteriormente. Dirección SE.

Según las estimaciones del citado servicio, el fuego quemó 14.260 ha de *Pinus pinaster* y *Pinus halepensis* (CAMA-CM, 1994). Las pérdidas se evaluaron en 3500 millones de pesetas (21035423 €).

Figura 1: Localización geográfica del área de estudio 1: Yeste. Arriba a la derecha, se presenta una combinación RGB 743 de Landsat ETM, adquirida el 16 de agosto de 1994. Abajo, vista de una zona parcialmente quemada.

IV. 2.- ALMANSA.

El incendio de Almansa se sitúa en la porción más oriental de la provincia de Albacete, dentro del término municipal de Almansa y en la denominada Sierra de Almansa (Figura 2). Las coordenadas que lo encuadran son (UTM, huso 30 N): X= 673400 – 679650; Y= 4301950-4311925. Dentro del área quemada, la cota más baja es de 640 m, coincidiendo con la Rambla de Cañolas y la más alta, alrededor de los 1004 m, en las proximidades del Cabezo Moro. Los máximos y mínimos absolutos del área, los encontramos en el Pico del Gallinero con 1074 msnm y en el Barranco de Vallmelós (480 m).

Geomorfológicamente, la Sierra de Almansa, presenta alineaciones montañosas de dirección predominante NO-SE, encontrándose en el tránsito entre el Sistema Ibérico y las Sierras Prebéticas. En general aparecen afloramientos calcáreos de la Edad Cretácica de gran potencia. El Cretácico inferior, el conjunto Albense, Aptense está constituido por un nivel de areniscas y calizas arenosas, arenas, arcillas, margas y calizas.

El moderado grado de consolidación va a dar lugar a la formación de un suelo muy carbonatado, de textura arenosa y de mayor profundidad que sobre los materiales calizos fuertemente consolidados. Ocupa las posiciones de ladera de los montes.

En el Cretácico superior podemos diferenciar una serie dolomítica y otra calcárea. Ésta última ocupa las zonas morfológicamente más altas de las muelas y su potencia es desconocida por efectos de la erosión. Tanto las calizas como las dolomías están frecuentemente muy karstificadas (Obón, 1985).

La litología es calcárea. Fundamentalmente aparecen litosoles y regosoles, ambos pobres en nutrientes y de muy baja capacidad de uso agrícola (Soil Survey Staff in: Ponce, 1989).

Hidrográficamente, la zona pertenece a la Cuenca Hidrográfica del Río Júcar. Éste se encuentra a unos 40 km al norte del área de estudio. Dentro de nuestra zona no aparece ningún cauce estable, tan solo pequeños arroyos y ramblas de carácter temporal. Es destacable el Embalse de Almansa, situado a unos 15 km del área quemada.

En lo que respecta al clima, nos encontramos en una transición entre el sector manchego y el setabense. Desgraciadamente no tenemos estaciones ubicadas dentro del área de estudio. La estación de Almansa (685 msnm) es sólo pluviométrica. Del resto que tenemos alrededor, consideramos que la de Ayora (641 msnm), situada a unos 20 km al norte de Almansa, es la que reúne mayores similitudes con nuestra área de estudio. Para éstas (Ruiz de la Torre, 1993; Obon, 1985), las precipitaciones oscilan alrededor de los 350 mm anuales, con dos máximos en el año, en mayo y octubre. Los valores máximos y mínimos de precipitación se dan en los meses de octubre (48 mm) y julio (14 mm). Su temperatura presenta una amplia oscilación alrededor de una media anual de 13,6° C. Los máximos y mínimos se dan en los meses de Julio (29,8° C) y Enero (2,5° C).

Con estas características (Rivas-Martínez *et al.*, 1984), nos encontramos en el piso bioclimático Mesomediterráneo, apareciendo en nuestra área de estudio los tres

horizontes: inferior, medio y superior (Obón, 1985). Finalmente, en lugares concretos de la Sierra de Almansa, podemos encontrar el piso supramediterráneo, debido más a la continentalidad del clima que a la altitud. Generalmente suele venir indicado por la desaparición altitudinal de *Quercus coccifera*.

En cuanto al ombroclima, nos encontramos en el umbral entre el seco inferior y el semiárido superior.

La vegetación climática sería una mezcla de las asociaciones *Bupleuro rigidi-Querceto rotundifoliae* (actualmente *Asparago acutifolii-querceto rotundifoliae*) y *Rubio longifoliae -Querceto rotundifoliae* (Ruiz de la Torre, 1993), aunque ésta última residual, reducida a algunos enclaves muy térmicos. Actualmente, y debido a la fuerte presión antrópica a la que han estado sometidas, las comunidades están dominadas por pinares de *Pinus halepensis*. En cuanto al resto de la vegetación, en el estrato leñoso cabe destacar: *Rosmarinus officinalis*, *Quercus ilex ssp. ballota*, *Q. coccifera*, *Juniperus oxycedrus*, *J. phoenicea*, *Arbutus unedo*, *Pistacia lentiscus*, *Ulex parviflorus*, *Genista pumila ssp. pumila*, *Erica multiflora*, *Anthyllis cytisoides*, *Bupleurum fruticescens*, *Thymus piperella*, etc. En el estrato herbáceo encontramos, entre otras especies: *Brachypodium retusum*, *Stipa tenacissima*, *Globularia alypum*, *Rubia peregrina*, *Koeleria vallesiana*, *Smilax aspera*, etc.

Al igual que en el caso anterior, la masa boscosa es relativamente homogénea, diferenciándose principalmente en el nivel de cobertura del estrato arbóreo. En las áreas más abiertas aparece una mayor cobertura de matorral y en las más arboladas predominan las herbáceas perennes. En cuanto a la cobertura del estrato arbóreo, se trata de una masa bastante densa, pero su fracción de cabida cubierta es menor que en el caso de Yeste.

El parte oficial del incendio, proporcionado por el servicio de Montes de la J.C. C-LM (CAMA-CM, 2000a), indica que éste fue detectado a las 16:02 horas, del 17 de agosto de 2000. Se dio por controlado el día 22 y por extinguido el 25 de agosto, a las 13:45 h. En cuanto a las condiciones climáticas reinantes en el momento del incendio, lamentablemente, el parte del incendio indica muy pocas:

- Humedad relativa: no hay datos.
- Días desde la última lluvia: 116.
- Tª máxima del día: 34° C.
- Velocidad del viento y dirección del viento: no hay datos de velocidad. Dirección SE.

En cuanto a la superficie quemada, las estimaciones del citado servicio fueron de 1806 ha de *Pinus halepensis*, junto a una pequeña proporción *Pinus pinaster* (CAMA-CM, 2000a). Las pérdidas se evaluaron en 225000000 de pesetas (1348436 €).

Figura 2: Localización geográfica del área de estudio 2: Almansa. Arriba a la derecha, se presenta una combinación RGB 743 de Landsat ETM+, adquirida el 9 de septiembre de 2000. Abajo, vista de una zona parcialmente quemada.

IV. 3.- LIÉTOR.

El término municipal de Liétor se encuentra situado al sur de la provincia de Albacete (Figura 3). El incendio se produjo en el denominado Monte de la Loma, al sur de este término municipal. La zona quemada queda inscrita en las coordenadas UTM (huso 30 N): X= 593675 – 601675, Y= 4258275- 4262125. Dentro del área quemada, la cota más baja es de 545 m, coincidiendo con el Barranco de la Madera y la más alta, alrededor de los 979 m, en el pico de El Porrón. El mínimo absoluto del área lo encontramos en las orillas del Pantano del Talave con 522 m. El máximo absoluto coincide con el máximo quemado, en el pico “El Porrón”.

Geomorfológicamente, el Monte de la Loma presenta alineaciones montañosas de dirección predominante NO-SE, pertenecientes, al igual que en el caso de Yeste, al margen externo de las Cordilleras Béticas. En general se trata de cadenas montañosas jurásicas del Lías y Doger, en el que predominan los sustratos calizos (Sánchez y Alcaraz, 1993).

Los suelos pertenecen al orden *Entisols*, suborden *Orthents*, gran grupo *Torriorthents*, subgrupos *Lítico-Xérico* y *Típico* (Jordán *et al.*, 2001). Esto indica que se trata de suelos con escasa profundidad, bien drenados y secos la mayor parte del año. Su textura es franco-arenosa con presencia de caliza en un 25-50%.

Hidrográficamente la zona pertenece a la Cuenca del Río Segura, la cual se encuentra a 6 km al sur del incendio. El río Mundo, afluente del Segura, se encuentra a escasos 700 m al norte del borde del incendio. También podemos encontrar algunas ramblas y torrenteras que sólo llevan agua en épocas de lluvias copiosas. Son dignos de mención el Embalse del Talave, a 500 m al norte y el embalse del Cenajo, a 7,5 km al sur del área de estudio.

Considerando los datos climáticos de la estación meteorológica del embalse del Talave, situada muy próxima a los límites del fuego, conocemos que las precipitaciones medias son de 335 mm, con dos máximos, uno en octubre: 46,3 mm y otro en mayo: 41,3 mm. El mínimo se produce en julio: 13,7 mm. La temperatura media es de 16,2° C, siendo las máximas y mínimas absolutas del periodo de 30 años considerado (1967-1996) de 44° C en julio, y de -10° C en enero.

Climáticamente (Rivas-Martínez *et al.*, 1984), la zona se encuentra en el piso bioclimático Mesomediterráneo inferior, con ombroclima semiárido superior.

La vegetación potencial de la zona pertenece a la serie *Rhamno lycioidis-Querceto cocciferae* (Valdes y Herranz, 1989). El estrato arbóreo está constituido por masas monoespecíficas de *Pinus halepensis*, con estructura de bosque semiabierto, que raramente supera 50-60% de cobertura y con talla inferior a los 10-15 m. Pueden aparecer zonas en donde el vuelo arbóreo está ausente, dejando paso al matorral arbustivo y semiarbustivo, incluso a herbáceas vivaces como *Stipa tenacissima* (Jordán, *et al.*, 2001). También pueden destacarse áreas con repoblaciones forestales de *P. halepensis* de entre 10 y 12 años de edad.

En cuanto al resto de vegetación, y basándonos en estudios como: Ruiz de la Torre (1996); Jordán *et al.*, (2001) y en inventarios propios, del estrato arbustivo cabe destacar: *Quercus coccifera*, *Juniperus oxycedrus*, *J. phoenicea*, *Arbutus unedo*, *Rosmarinus officinalis*, *Cistus albidus*, *C. clusii*, *C. salviifolius*, *Anthyllis cytisoides*, *Dorycnium pentaphyllum*, *Pistacia lentiscus*, *Bupleurum fruticosum*, *Thymus vulgaris*, *Rhamnus lycioides*, *R. alaternus*, *Halimus atriplicifolium*, *Genista scorpius*, *Phillyrea angustifolia*, etc. Considerando a las especies herbáceas podemos señalar: *Brachypodium retusum*, *Stipa tenacissima*, *Aphyllanthes monspeliensis*, *Koeleria vallesiana*, *Phlomis crinita*, *P. lychnitis*, *Helictotrichon filifolium*, *Atractylis humilis*, etc.

Se trata de una zona, de una zona en donde la cobertura arbórea, sobre todo en solana, es escasa, predominando en esta exposición el matorral, que en algunos casos deja numerosos espacios sin cubrir. Es, por tanto, el ecosistema con menor fracción de cabida cubierta de los tres estudiados.

Finalmente, el parte oficial del incendio proporcionado por el servicio de Montes de la J.C.C.M. (CAMA-CM, 2000b), indica que el fuego se detectó el día 3 de agosto de 2000, a las 14:50 horas. El control se produjo el día 4 y se dio por extinguido el día 8 a las 21:00 h. Las condiciones climáticas recogidas en el citado parte, en el momento del inicio, fueron muy escasas:

- Humedad relativa: no hay datos.
- Días desde la última lluvia: 60.
- Tª máxima del día: no hay datos.
- Velocidad del viento: no hay datos.

Según las estimaciones del citado servicio, el fuego quemó 1130 ha de *Pinus halepensis* y matorral-monte bajo (CAMA-CM 2000b). Las pérdidas se evaluaron en 151544000 pesetas (910798 €).

Figura 3: Localización geográfica del área de estudio 3: Liétor. A la derecha arriba, se presenta una combinación RGB 743 de Landsat ETM+, adquirida el 9 de septiembre de 2000. Abajo, vista del embalse del Talave, desde el límite de la zona incendiada.

Capítulo V:

Conceptos previos



Imagen de portada: Incendio de Yeste. Migración de aves durante el incendio.
(Foto cedida por *Fernando Camacho-Protección Civil Yeste*-)

Capítulo V:

Conceptos previos

“Si he visto un poco más allá que otros, es porque estaba encaramado a hombros de gigantes”

Isaac Newton

En todo estudio multidisciplinar hay una serie de conceptos básicos que es necesario fijar desde un principio. Los más importantes para este trabajo son: fuego e incendio forestal, severidad del fuego, regeneración natural, erosión, teledetección y sistemas de información geográfica. Sin duda existen muchos otros, pero su inclusión en el texto se escapa al objetivo de este estudio.

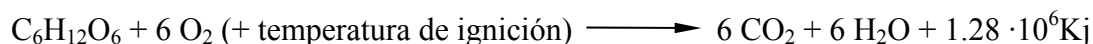
Pretendemos en este capítulo hacer un repaso general de cada uno de ellos, especialmente, de los aspectos que más hayamos empleado.

V.1. FUEGO E INCENDIO FORESTAL.

Fuego es el nombre que comúnmente recibe la combustión gaseosa a alta temperatura (Saito, 2001). Según la RAE (2001), es el calor y luz producidos por la combustión. Se conoce desde la prehistoria, pero se domestica entre 40-50000 años antes de Cristo (Trabaud, 1992), pasando a cobrar vital importancia en la vida y desarrollo de la humanidad. Al fuego siempre se le ha dado importancia *per se*. Así, para Empédocles (Kirk and Raven, 1970), este era uno de los cuatro elementos básicos de la naturaleza, junto al agua, la tierra y el aire. Ejemplo de su significación en la historia y tradiciones, es que aparecen estudios monográficos dedicados exclusivamente a la semántica del fuego en el Antiguo Testamento (Morla, 1988)

Es uno de los fenómenos que nos despierta sentimientos más controvertidos. De un lado negativos: temor, miedo, aversión.... Es símbolo del mal, de demonios, de la guerra, del Apocalipsis,.... Las armas son de fuego. En aquelarres, exorcismos e invocaciones el fuego es elemento fundamental. El fuego destruye, arrasa, devasta, pone punto y final. De otro lado, el fuego es símbolo de pasión, del amor desmesurado, de valentía y arrojo. Las llamas nos producen una irreprimible atracción, embelesando nuestra mirada. Y ¿qué es la vida sino una combustión lenta?.

Entrando en la materia que nos ocupa, el fuego se produce cuando la energía química, acumulada mediante la fotosíntesis en forma de materia vegetal, alcanza la temperatura de ignición en presencia de oxígeno (Pyne *et al.*, 1996), eliminándose CO₂, vapor de agua y energía en forma de calor. Para ilustrar la reacción, se presenta la combustión de un azúcar simple (McArthur and Cheney, 1972 en Whelan, 2001):



Obviamente, la combustión de la materia vegetal es mucho más compleja que este ejemplo, pero el principio es el mismo (Whelan, 2001).

Para finalizar, es necesario comentar que frecuentemente se confunde al fuego con las llamas. Estas son la manifestación de la reacción química en la fase de gas del fenómeno (Pyne *et al.*, 1996).

El **incendio forestal** es un fuego que se extiende sin control sobre terreno forestal, afectando a vegetación que no estaba destinada a arder (Vélez, 2000c). Su aparición es coetánea a la de la vegetación sobre la Tierra (Rodríguez, 1996), aunque se daría de forma escasísima. Desde la domesticación del fuego, el hombre se ha encargado de provocar un buen número de ellos. En España existen testimonios desde el paleolítico (Perles, 1977 en Trabaud, 1992), debido a diferentes causas: aumentar la variedad de alimentos, facilitar la recolección de plantas comestibles y la caza (Trabaud, 1992). Dando un salto en la historia hasta la edad media, comienza a verse en el fuego forestal a un enemigo que mermaba bienes como la leña y la caza. Por ello, el Fuero Juzgo del siglo VII se establecen precauciones para hacer hogueras y quemar rastrojos, al tiempo que penas para los provocadores de incendios forestales (Vélez, 2000d). Eran las quemas de rastrojos, la pretensión de aumentar pastos y tierras para cultivo las causas principales. A ellas se sumaban las incesantes guerras. Las causas actuales de los incendios forestales son, mayoritariamente, de origen antrópico. Sus motivos son tremendamente variados: quema de rastrojos, regeneración de pastos, venganzas, ahuyentar animales dañinos para ganado y cultivos, facilitar la caza, etc. El rayo es la principal causa de incendios naturales. Información detallada puede encontrarse en Vélez, 2000.

Los incendios arrasan la vegetación, el hábitat de la fauna y la propia fauna silvestre, contaminan el aire, contribuyen al cambio climático global, facilitan la erosión del suelo, perturban el régimen hídrico, cambian el paisaje, disminuyen los recursos turísticos y económicos, etc. (Rodríguez, 1996). Además, si llegan a núcleos habitados, destruyen viviendas (Ilustración 1), ganados, campos de cultivo o vidas humanas. Se trata por tanto de una de las principales lacras que penden sobre las masas vegetales del planeta y sobre la humanidad. Pero por ser un fenómeno de carácter global y que afecta a todos, la población en general es consciente de sus problemas. Es más, prácticamente todos hemos visto sus consecuencias y somos, en mayor o menor grado, conocedores de sus efectos y resultados. En esto, los medios de comunicación han jugado un extraordinario papel (Whelan, 2001).

Sin embargo, como comenta el mismo autor, los incendios no deben ser observados con un pesimismo absoluto. Se trata de un factor más entre los que definen la estación, y ha

contribuido, desde siempre, al reparto y selección de las especies, a la composición de las formaciones vegetales y a la estabilidad, alternancia o sucesión de sus etapas (Ruiz del Castillo, 2000). Muchos ecosistemas están adecuados a resistirlo o a recuperarse con rapidez; son lo que Montero de Burgos (1987) llama la *clímax pirogénica*. En el caso de los bosques mediterráneos, la regeneración es prácticamente inmediata tras el paso de las llamas (Trabaud *et al.*, 1985; Moravec, 1990; Kazanis and Arianoustsou, 1996; Thanos *et al.*, 1996). Por otro lado, los incendios contribuyen a la mineralización de la materia orgánica, participan en diversos ciclos de nutrientes, si son de baja intensidad, significan una poda natural para los árboles de mayor envergadura, las cenizas son fertilizantes e, incluso pueden aumentar la biodiversidad de un medio (Rodríguez, 1996). El actual problema de los incendios forestales está en su recurrencia, cada vez más corta, que puede agotar la capacidad de recuperación del ecosistema (Zedler *et al.*, 1983; Tapias y Gil, 2000). Otros autores (Baker, 1992; Covington and Moore, 1994; Babbitt, 1995; Williams, 1995) coinciden en que la fuerte política de supresión de incendios ha acumulado grandes cantidades de combustibles secos que los hacen cada vez más severos, dejando zonas absolutamente quemadas. Algunos de éstos (Babbitt, 1995; Williams, 1995) instan a realizar incendios prescritos, de modo que descienda el nivel de combustible, evitando males mayores. Por otro lado, esta política de supresión ha acarreado pérdidas en la biodiversidad de ciertos ecosistemas, como los boreales (Granström, 1996; Parviainen, 1996), por lo que se está considerando la reintroducción controlada del fuego (Ryan, 2002).



Ilustración 1: Caserío destruido por el incendio forestal de Yeste.

Los incendios suelen clasificarse en tres tipos, dependiendo del tipo de vegetación que se quema y la forma en que se propaga (Pyne *et al.*, 1996, Trabaud, 1992): a) de superficie, que son los que se desarrollan sobre la superficie del suelo, pero próximos a ella (dejan las copas de los árboles intactas); b) fuego de copas, cuando lo que arde es la copa de los árboles (dejan el sotobosque intacto); y c) fuego de suelo, en donde la combustión se produce bajo la superficie del mismo, sobre todo cuando aparecen grandes acúmulos de materia orgánica (poco frecuentes en España, aunque un ejemplo

paradigmático sería el habido en el Parque Nacional de las Tablas de Daimiel hace unos años). Por supuesto, hay incendios que todas las clases a un tiempo.

Los efectos que el fuego tiene sobre la vegetación son difícilmente generalizables, ya que las interacciones, tanto bióticas, como abióticas, que influyen en los efectos postfuego, son complejas y no completamente entendidas ya que diferentes estudios ofrecen resultados opuestos (Pyne *et al.*, 1996). Sin embargo, como resumen, puede darse una descripción general del efecto del fuego, como elemento de control de las especies y comunidades que aparecen en el ecosistema (Wright and Heinselman, 1973, en Pyne *et al.*, 1996):

- El fuego puede detonar la dispersión de semillas en algunas especies.
- Puede estimular la floración y fructificación de muchas plantas leñosas (matorrales) y herbáceas.
- Altera el banco de semillas mediante la remoción del horizonte orgánico y creando suelo desnudo.
- Estimula la reproducción vegetativa de muchas leñosas y herbáceas, cuando el estrato superior es eliminado.
- Reduce temporalmente la competencia por la humedad, nutrientes y luz, por lo que favorece de forma selectiva a algunas especies.
- La frecuencia del fuego influye en la composición de la comunidad y etapa de sucesión en la que se encuentre el ecosistema, controlando la edad de la cobertura arbórea, cuando se produce fuego de copas.
- La frecuencia del fuego también regula la susceptibilidad de los árboles a ser derribados por el viento.

Mención especial queremos hacer de la topografía, ya que pendiente y orientación constituyen elementos de base en nuestra hipótesis de trabajo. Su importancia e influencia en el comportamiento del fuego ha sido profusamente estudiada, aunque no perfectamente definida, debido básicamente a la variabilidad de la naturaleza y al gran número de elementos que participan en un incendio forestal. Como hemos indicado, sólo haremos referencia sucinta a estos dos parámetros, ya que hablar de todos los factores topográficos individualizados y su influencia en conjunto trasciende el motivo de este estudio.

La orientación de la ladera influye en las condiciones de viento e insolación recibida, y por tanto, en su temperatura y humedad relativa (Trabaud, 1992; Pyne *et al.*, 1996). De esta forma tendremos variaciones en el tipo de combustible y su contenido de humedad. Con estos elementos, y considerando que estamos en el hemisferio norte, es acertado pensar que las orientaciones sur y suroeste presentan un escenario más favorable para el inicio de un fuego y su rápida expansión. Trabaud (1992) incluso indica que de los incendios iniciados en umbría, son pocos los que cobran grandes dimensiones.

El efecto de la pendiente sobre el fuego es similar al del viento (Whelan, 2001). Conforme aumenta este factor, el combustible estará más próximo y se precalentará y desecará en mayor grado, favoreciéndose su ignición. Está, por tanto, íntimamente relacionado con la velocidad de propagación (Trabaud, 1992; Whelan, 2001). También

tiene efecto directo en el tamaño de llama (Pyne *et al.*, 1996). Si el fuego es ascendente en la ladera, se desarrollará a gran velocidad y tomará grandes magnitudes. Si desciende, su velocidad se verá ralentizada e, incluso en este caso, altas pendientes pueden actuar como cortafuegos naturales (Whelan, 2001; Ryan, 2002).

Hasta ahora hemos hablado de la trascendencia de los incendios forestales de una forma cualitativa. Pero resulta de gran interés ponerle cifras a la magnitud del problema, aunque sin entrar en cuantificaciones económicas. Lo haremos a distintos niveles. Comenzando por el nivel global y por ecosistemas (Vélez, 2000a), el fuego recorre anualmente como media (ver Figura 4):

- 0.6 millones de ha de bosque mediterráneo.
- 3 millones de ha de bosque del sur asiático.
- 5 millones de ha de bosque templado.
- 10 millones de ha de bosque boreal.
- 25 millones de ha de bosque lluvioso.
- 1000 millones de ha de sabanas.

Lo que asciende a un total de 43.6 millones de ha cada año, excluyendo a las sabanas.

Consultando las estadísticas más recientes ofrecidas por la FAO y la ONU, para América del Norte, Europa y la antigua Unión Soviética (actual Confederación de Estados Independientes, CEI), la superficie quemada y el número de incendios queda recopilado en la tabla 1 (FAO, 1999; 2002). Gráficamente, quedan representadas en las figuras 5, 6, 7 y 8.



Figura 4: Superficie recorrida anualmente por el fuego (Vélez, 2000a).

En el caso de Europa (figura 5), se comprueba que el número de incendios tiende a incrementarse año tras año, con una trayectoria muy homogénea. Por el contrario, la tendencia de la superficie quemada es descendente. En ésta destacan tres máximos en los años 1989, 1994 y 2000, quedando muy cercanos los años 1990 y 1998. Puede

observarse que la gráfica tiene forma de sierra, indicando alternancia de periodos muy complicados, con otros en donde se ha realizado un rápido control de los incendios aparecidos.

Observando ahora la grafica correspondiente a la antigua URSS (figura 6), verificamos que la tendencia, tanto en el número de incendios, como en la superficie quemada, es ascendente. En este último caso, podemos apreciar que, salvando los años 1996 y 1998, en los que la superficie quemada es verdaderamente alarmante, especialmente en 1998, en el resto, la superficie parece mantenerse relativamente estable, con pequeñas fluctuaciones fácilmente asociables a la benevolencia o austeridad de la climatología en ese año. Sin embargo, el número de incendios, salvando los dos últimos años del periodo, tienen una clara tendencia alcista.

Si nos centramos ahora en la estadística de Norteamérica (figura 7), advertimos que, contrariamente a lo que veíamos en la antigua URSS, ambas tendencias son ligeramente descendentes. En el número de incendios encontramos máximos en 1992 y 1999, mientras que en superficie quemada, aparecen en 1989, 1994 y 1995. Llama la atención la asincronía que existe entre ambos factores en algunos años, por ejemplo en 1992, en donde un máximo en número de incendios coincide con un mínimo en superficie quemada. Contrariamente, en 1994, uno de los mínimos en número de incendios coincide con un máximo de superficie quemada.

Finalmente, evaluando todas las cifras FAO en forma global (figura 8), el número de siniestros tiende a crecer. Por el contrario, la superficie total quemada tiende a descender, aunque aparecen grandes oscilaciones entre años.

		1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	Total periodo	Media periodo
Europa	Nº incendios	70275	67995	56490	79058	69588	77771	85107	87580	92526	120742	118263	140316	106692	1172403	90185
	Superficie quemada (ha)	788103	700086	585774	462100	488236	804814	435517	296510	364824	707920	362704	928416	463186	7388190	568322
Antigua URSS / CEI	Nº incendios	18751	17672	23371	40498	24378	31702	34305	42936	37374	33849	42715	26042	26421	400014	30770
	Superficie quemada (ha)	1831000	1669911	1145773	1188270	1221058	743632	500999	2461978	1335631	5367329	1002331	1936887	1262821	21667620	1666740
América del Norte	Nº incendios	133411	129876	129063	185562	159041	88834	90692	102809	72364	91981	182748	147187	142066	1655634	127356
	Superficie quemada (ha)	8880542	3071118	2640794	2152101	3671216	7831455	7356500	4330139	1781310	5653585	3997046	3640388	2075271	57081465	4390882
TOTAL	nº incendios	222437	215543	208924	305118	253007	198307	210104	233325	202264	246572	343726	313545	275179	3228051	248312
	Superficie quemada (ha)	11499645	5441115	4372341	3802471	5380510	9379901	8293016	7088627	3481765	11728834	5362081	6505691	3801278	86137275	6625944

Tabla 1: Resumen del número de incendios y superficie quemada (ha) en Europa, América del Norte (Estados Unidos y Canadá) y la antigua URSS (Confederación de Estados Independientes), a agrupando datos de la FAO (1999; 2002).

	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
Nº incendios	7190	10878	6545	4791	7203	12238	7570	8679	9247	20811	12913	13531
Superficie quemada (ha)	263017	298288	152903	108100	165119	484476	264887	146662	137734	426693	203032	260318

Tabla 2: Resumen del número de incendios y superficie quemada (ha), en España desde 1980 a 1991 (DGCN, 1996, 2003, 2004).

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003*	Total periodo	Media periodo
Nº incendios	15955	14254	19263	25827	16772	22319	22338	18337	24118	19547	19929	19416	359671	14986
Superficie quemada (ha)	105277	89267	437635	143484	59825	98503	132813	82216	188586	93298	107472	130046	4579651	19819

Tabla 3: Resumen del número de incendios y superficie quemada (ha) en España desde 1992 a 2003 (DGCN, 1996, 2003, 2004). *Cifras provisionales.

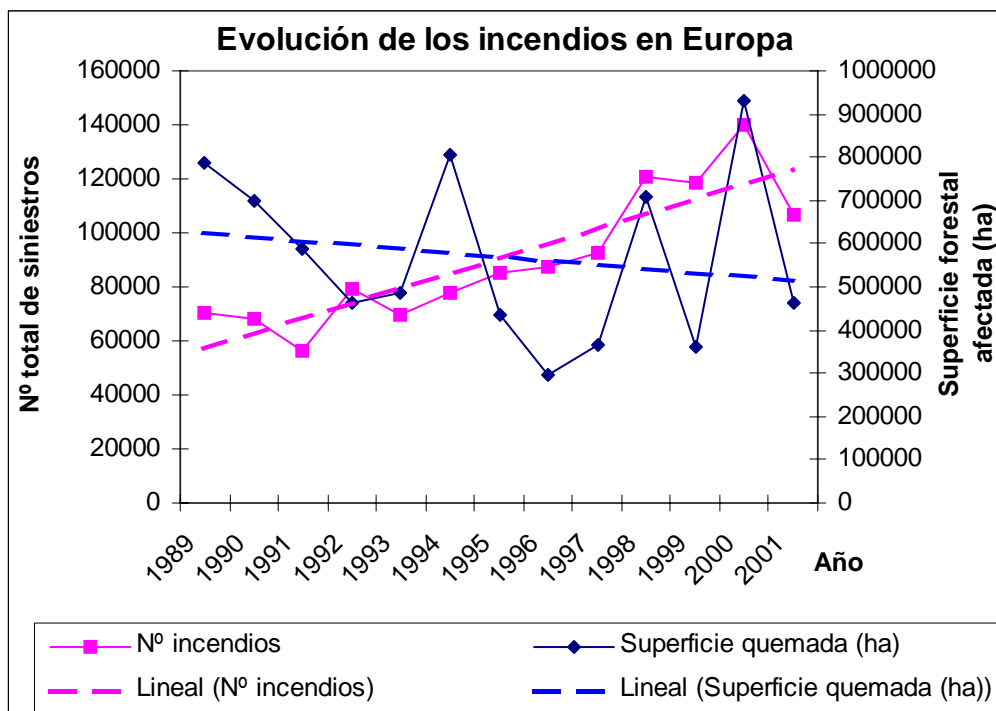


Figura 5: Evolución del número de incendios y de la superficie quemada en Europa desde 1989 a 2001 (datos FAO).

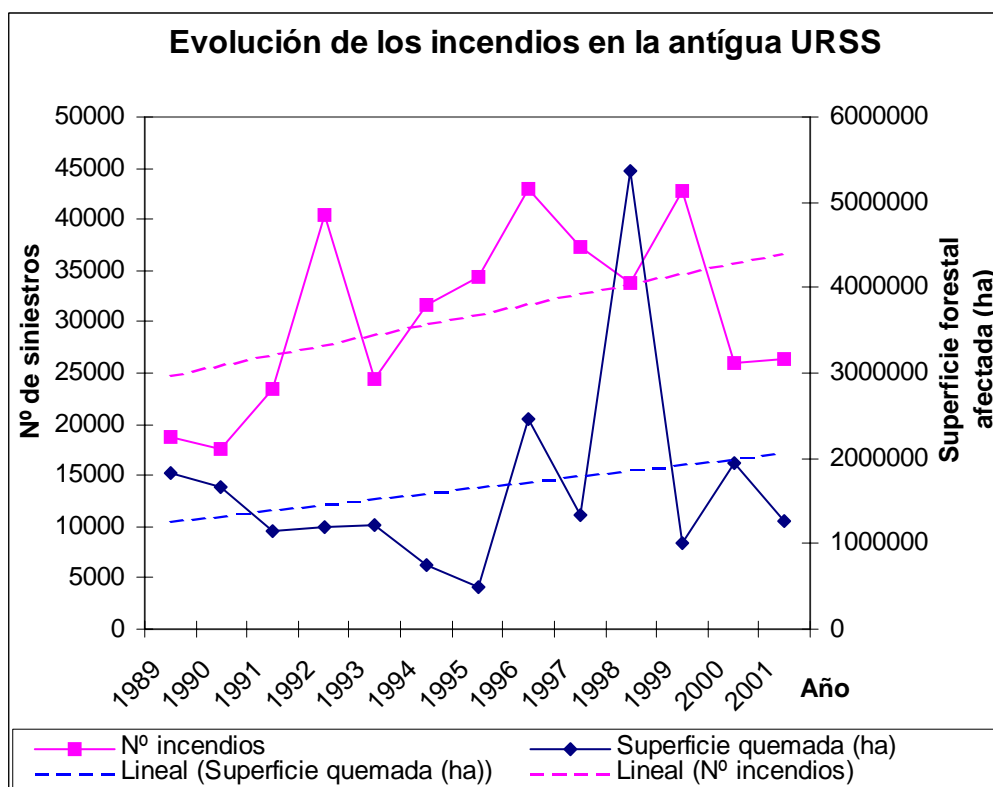


Figura 6: Evolución del número de incendios y de la superficie quemada en la antigua URSS desde 1989 a 2001 (datos FAO).

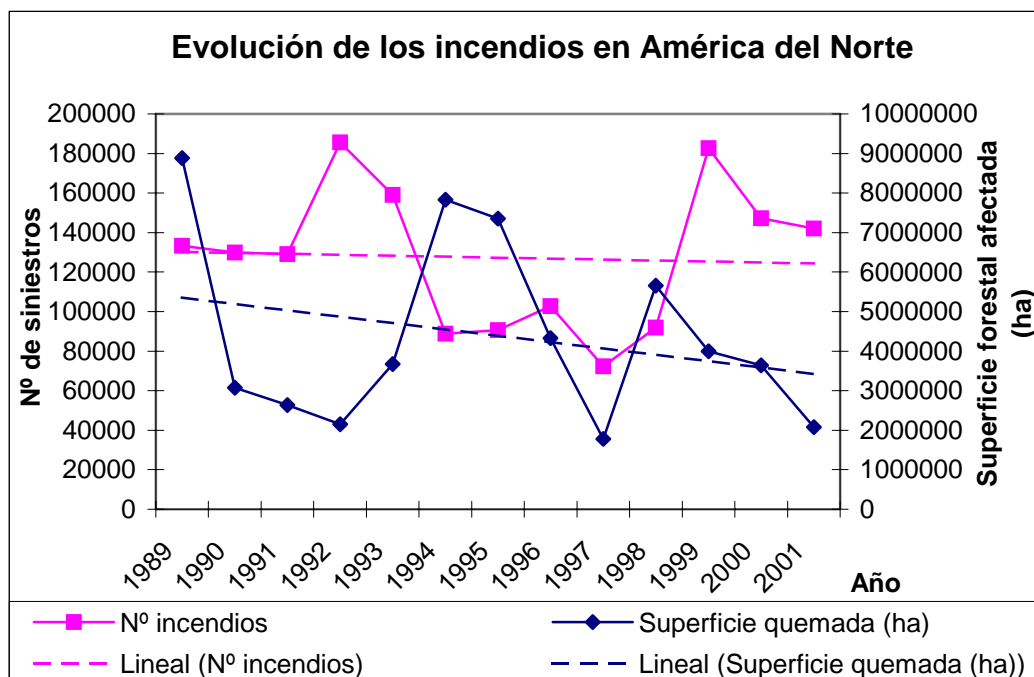


Figura 7: Evolución del número de incendios y de la superficie quemada en Norteamérica desde 1989 a 2001 (datos FAO).

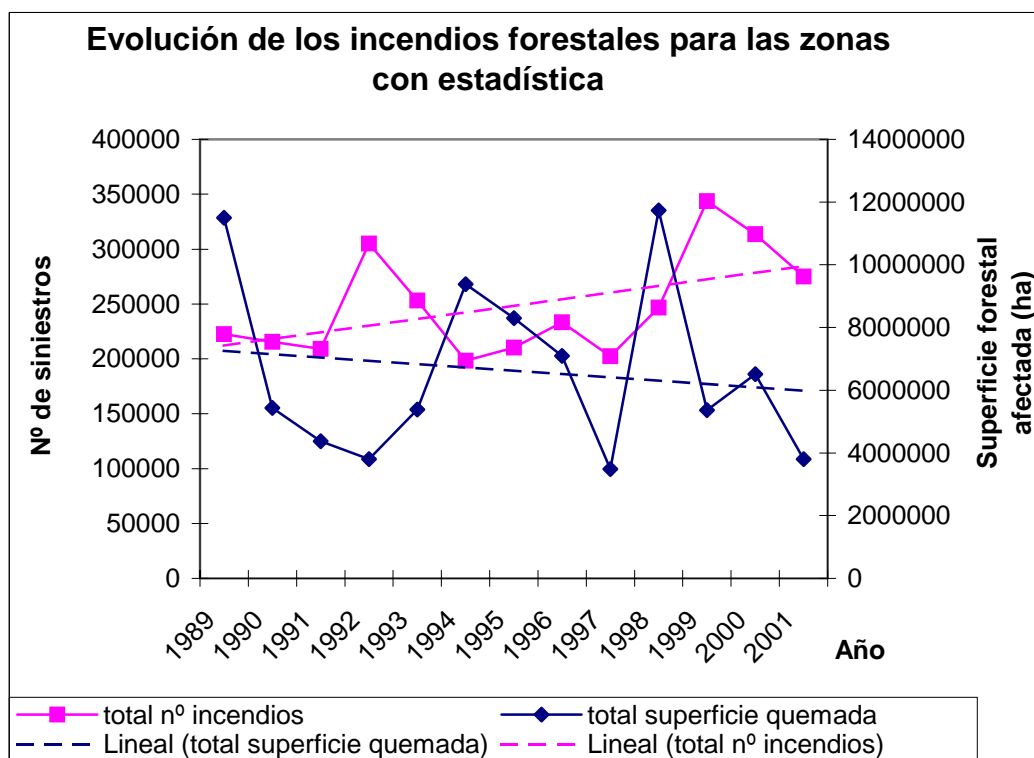


Figura 8: Evolución del número de incendios y de la superficie quemada desde 1989 a 2001, en todas las regiones en las que disponemos de estadística (datos FAO).

Centrándonos ahora en España, las estadísticas las coordina y elabora la Dirección General para la Conservación de la Naturaleza (DGCN), del Ministerio de Medio Ambiente. Los datos que presentamos han sido facilitados por ésta, y por la Delegación de Medio Ambiente de Albacete, de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.

En la tablas 2 y 3, quedan resumidas las cifras correspondientes a número de incendios y superficie afectada anualmente, desde 1980 hasta 2003 (DGCN, 1996, 2003, 2004). Los referentes a este último año son un avance, por lo que podrán ser susceptibles de cambio.

Observando el gráfico de la figura 9, vemos que el número total de incendios tiene una clara tendencia ascendente, con máximos destacables en 1989, 1995 y 2000. Por el contrario, la superficie que cada año se ve afectada por el fuego tiende a disminuir, aunque de una forma menos clara y con constantes altibajos. Los máximos los encontramos en 1985, 1989 y 1994. Comprobamos que 1989 coincide con otro máximo en las estadísticas europeas, y 1994, con máximos en Europa y Norteamérica.

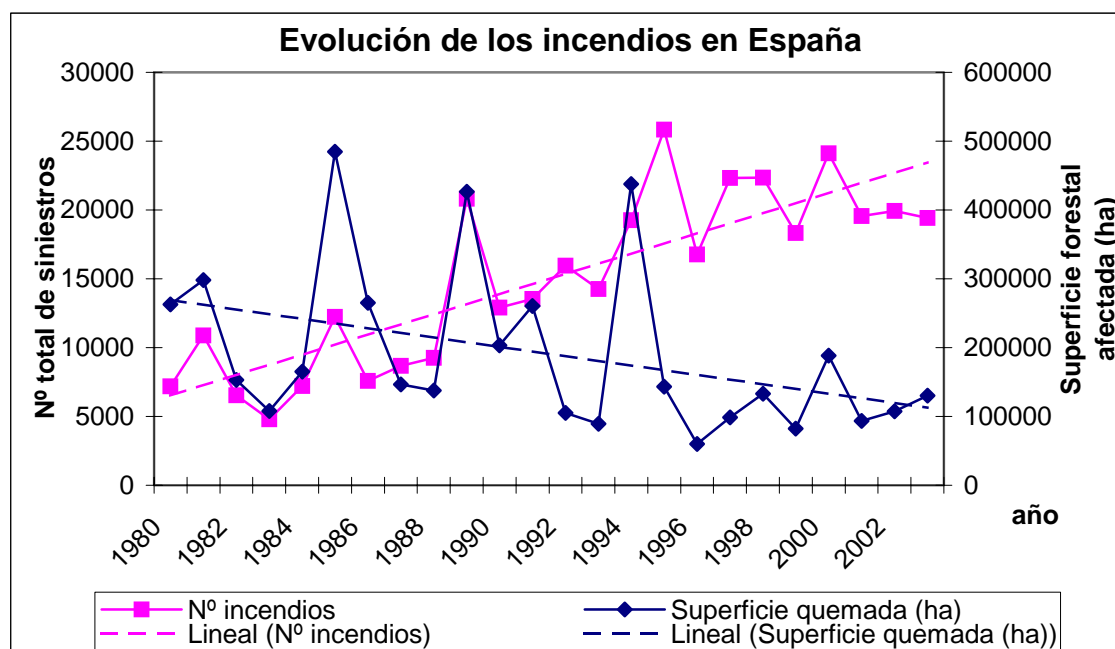


Figura 9: Evolución del número de incendios y de la superficie quemada (ha) desde 1980 a 2003 en todas las regiones con estadística (DATOS DGCN, 1996, 2003, 2004).

V.2.- SEVERIDAD DEL FUEGO.

Cuando imaginamos un incendio forestal, siempre nos viene a la mente la imagen de un bosque completamente carbonizado. Ésto es cierto sólo en parte, ya que en realidad, sobre todo en los grandes incendios, aparecen zonas sin quemar o afectadas solo parcialmente. Este efecto puede estar relacionado con distintos factores, esencialmente el tipo de fuego y la severidad.

La severidad del fuego es un término descriptivo que integra los cambios físicos, químicos y biológicos de un ecosistema, como resultado de la acción del fuego (White *et al.*, 1996). Se define como el efecto del fuego sobre el ecosistema, es decir, si afecta al suelo, al estrato arbóreo o a cualquier parte del ecosistema (Vierick and Schandelmeir, 1980 en: Ryan and Noste, 1983), y se relaciona con su capacidad de regeneración tras el paso de las llamas (Key and Benson, 2004a).

El término es fácilmente confundido con el de *intensidad del fuego*, que es la energía que emana por unidad de longitud del frente de fuego, y que está directamente relacionada con el tamaño de la llama (Alexander, 1982). Apreciamos que se trata de una magnitud física, medida de forma empírica y que puede ser estimada con el tamaño observado de la llama. También es fácil entender que la severidad del fuego estará muy relacionada con su intensidad, aunque dependiendo del tipo de vegetación que forme el ecosistema incendiado y de su estructura, mismas intensidades pueden proporcionar severidades muy diferentes (Key and Benson, 2004a), especialmente en los rangos de intensidad más bajos.

Considerando un árbol, lo más vulnerable al fuego es la copa, ya que los componentes que la forman son muy delgados y, por tanto, sin protección interna al calor o fuego directo. El tronco, normalmente, no se quema de forma completa (salvo los muy delgados). El daño se produce porque el *cambium* vascular se encuentra muy próximo al exterior. Las raíces están aisladas por el suelo, cuya transmisividad térmica es muy baja, aunque en caso de fuego de subsuelo, se verán seriamente afectadas (Dickinson and Johnson, 2001).

Waldrop and Van Lear (1984 en Rodríguez, 1996), citando a varios autores concluyen que el nivel de quemado de la copa es la principal causa de mortandad en pinos, por encima del daño al *cambium*. Según estos autores, un fuego que afecte sólo a las ramas inferiores (tercio inferior de la copa), hace aumentar el crecimiento del árbol, sobre todo el diamétrico, al eliminarse las ramas viejas que demandan más de lo que produce su follaje. Si se ve afectada la mitad de la copa, se compensa la pérdida de ramas viejas, con la disminución de follaje productivo, por lo que el crecimiento apenas se verá afectado. Si pasamos de los dos tercios, el crecimiento disminuirá o cesará.

La necrosis celular de los tejidos se produce cuando la temperatura a que se expone supera sus límites de tolerancia. En el caso de los troncos, el grosor y características térmico-transmisivas de la corteza juegan un papel fundamental. En el caso de las copas, dependerá de la altura a la que se encuentren, de la temperatura que alcance el

fuego y del tiempo de residencia del fuego. La probabilidad de que el árbol muera puede estimarse a partir de regresiones considerando factores como intensidad del frente de llama, consumo del combustible, nivel de quemado de la copa, etc. Dickinson and Johnson (2001) hacen un impecable estudio de estos factores, facilitando diversos modelos matemáticos.

Un árbol morirá cuando sea incapaz de adquirir o movilizar los recursos necesarios para mantener sus funciones normales, contra el daño o el estrés producido (Waring, 1987).

Desde un punto de vista ecológico (Whelan, 2001) la supervivencia de los organismos al paso del fuego queda determinada por la historia del fuego en el lugar y características anatómicas, fisiológicas y de comportamiento de la vegetación (Ilustración 2). También debe considerarse el tipo de fuego a que es sometida la especie. Este mismo autor, apunta que existen dos componentes en la supervivencia al fuego: supervivencia a la acción directa de las llamas y la tolerancia de esa especie al nuevo ecosistema alterado. Hablaremos de éste y otros detalles en el apartado 3, Regeneración.



Ilustración 2: *Pinus halepensis* que ha perdido más de la mitad de su copa, pero que ha sobrevivido al fuego (incendio de Almansa).

La severidad del fuego describe su impacto en la vegetación (Ryan and Noste, 1983; Turner *et al.*, 1994; Schimmel and Granstrom, 1996; DeBano *et al.*, 1998; Kafka *et al.*, 2001), y puede ser medida como la cantidad de vegetación que sobrevive al paso del incendio (Ryan and Noste, 1983). Son bastantes los autores que dedican muchas páginas a estimar dicho parámetro. De entre ellos vamos a citar aquellos que consideramos más importantes y en los que principalmente nos hemos basado para desarrollar una clasificación más acorde con nuestros ecosistemas.

Ryan and Noste (1983) elaboran un método para estimar la severidad del fuego, basándose en dos elementos clave:

- Clasificación de la intensidad de fuego: la estiman a partir de la longitud de la llama en el frente del fuego. Para ello, pueden observarla *in situ*, calcularla a partir de modelos de comportamiento de fuego en esos combustibles, o estimarla a partir de las marcas que deja en los troncos. De este modo, determinan 5 clases: “1” la de menor magnitud (hasta 30 cm de longitud de llama); “5” la de máxima (mayor a 12 m).
- Clasificación de las características en la vegetación quemada: dependiendo de la profundidad con la que la vegetación se ha quemado y de la cantidad que ha sido afectada, determinan 3 clases (severidad ligera, moderada y profunda) más una clase “no quemado”.

Con ambos elementos, realiza una matriz de doble entrada, adjudicando un grado final para cada combinación.

Turner *et al.* (1999), utilizan unos criterios basados en Despain (1990), y que se apoyan únicamente en la observación directa de los efectos del fuego. Clasifican la zona quemada en tres categorías, según como el fuego haya afectado al suelo y a la vegetación: observa qué individuos han sido afectados y en que grado (total o parcialmente). De este modo determina: superficie ligeramente quemada, severamente quemada y fuego de copas. Una cuarta clase “no quemado” aparece cuando no se encuentran evidencias del paso de las llamas.

Key and Benson (2004a), realizan una clasificación que también se basa exclusivamente en parámetros observables sobre el terreno tras el paso del fuego y, aconsejablemente, pasada una estación de crecimiento después del incendio. Desarrollan lo que llaman *Composite Burn Index* (CBI). Para obtenerlo, estiman el efecto del fuego en los distintos estratos de la masa: i) sustrato, ii) herbáceas y regenerado de leñosas de baja talla, iii) matorral alto y árboles medios, iv) arbolado intermedio y v) arbolado dominante. De cada uno de ellos extraen un valor numérico que posteriormente promediarán, generando un valor final que será asociado a uno de los 4 valores de severidad (baja, media-baja, media-alta, alta), más la clase no quemado.

El CBI está especialmente desarrollado para ser aplicado a teledetección con sensores de resolución media como Landsat. Para ello, los mismos autores conciben un índice, el *Normalized Burn Ratio* (NBR), del que hablaremos en el capítulo siguiente.

Finalmente, debido a que todas estas clasificaciones han sido desarrolladas para ecosistemas con características muy diferentes a los mediterráneos, hemos optado por emplear una clasificación propia, aunque basada fundamentalmente en los autores citados. La clasificación se ha recogido en el capítulo V, *Método*, apartado 4 a.

V.3.- REGENERACIÓN.

El fuego forestal produce una clara regresión del ecosistema. Así, Odum (1973) indica que los incendios inician una sucesión ecológica que probablemente derivará en la *climax*, sucediéndose una serie de etapas intermedias (proceso de sucesión ecológica) que variarán considerablemente (Margalef, 1974). En el caso de los incendios forestales, los ecólogos no han podido desarrollar una teoría universal que describa esta sucesión vegetal (Pyne *et al.* 1996), debido, básicamente, a la diversidad en los tipos de regeneración y a los múltiples caminos que ésta puede seguir. Pyne *et al.* (1996) y Whelan (2001) proporcionan una interesante revisión de las diferentes hipótesis desarrolladas hasta el momento.

También hemos comentado que muchos ecosistemas, entre los que se encuentran los mediterráneos, han estado sometidos a los incendios forestales recurrentes desde milenios. Así, por ejemplo, Cabezudo *et al.*, (1995), determinan que a excepción de dos, todas las especies perennes de un alcornocal del sur de España reaparecen tras el fuego. Martínez-Sánchez *et al.* (1997) encuentran que todas las especies endémicas (12 en total) de una pseudoestepa del sureste español se regeneran perfectamente tras un incendio. En ecosistemas alejados geográficamente, pero de condiciones similares, como el chaparral californiano, se han hallado respuestas similares. Así por ejemplo, Keeley and Zedler (1978) encuentran que la composición de la vegetación no parece alterarse sustancialmente tras unos años después del incendio. Las diferencias serán importantes si aparece un intervalo entre fuegos excesivamente corto (Zedler *et al.*, 1983). En cuanto al recubrimiento de la superficie y protección del suelo, Robichaud (2000) encuentra en incendios del oeste de Oregón, que la cobertura del regenerado tras la primera estación de crecimiento es del 28% y del 82% tras la segunda.

Todo ello nos lleva a pensar que los organismos asociados con estos ecosistemas han evolucionado en algunas características que les permiten responder favorablemente a su recurrencia periódica (Pyne *et al.*, 1996). Tapias y Gil (2000) resumen las estrategias que la vegetación ha desarrollado para sobrevivir al fuego en:

- Estrategias resistentes: incluyen las adaptaciones tendentes a anular los efectos nocivos del fuego. Cortezas gruesas y aislantes, protección de yemas apicales por las hojas y yemas latentes (generalmente enterradas: bulbos, rizomas, base del fuste o cepa, tubérculos y lignotubérculos), son las más frecuentes. En el último caso, yemas latentes, se ha observado que los individuos viejos o sometidos a varios incendios, presentan menor probabilidad de rebrote y menor vigor. Moreno y Cruz, 2000, apuntan que en el caso de *Erica arborea*, cuanto mayor es su tamaño, menor es su sensibilidad al fuego y mayor su capacidad de rebrote.
- Estrategias resilientes: las plantas que no resisten el fuego generalmente se recuperan a partir del banco de semillas que tenían acumulado en el suelo o en el vuelo (piñas serotinas, por ejemplo). El fuego puede producir un incremento en la germinación de determinadas semillas del banco, debido a que las altas temperaturas desinhiben determinados caracteres, o bien porque estimulen la

dispersión de las mismas, ya que muchas especies liberan sus semillas con el calor recibido del fuego.

Por citar algunas especies de cada uno de estos grupos, y que aparezcan en nuestras áreas de estudio, tenemos:

- Resistentes: *Quercus ilex* ssp. *ballota*, *Q. coccifera*, *Pistacia lentiscus*, *Juniperus oxycedrus*, *Phillyrea angustifolia*, *Retama sphaerocarpa*, *Genista scorpius*, *Brachypodium retusum*, etc.
- Resilientes: *Pinus halepensis*, *Cistus ladanifer*, *C. monspeliensis*, *C. albidus*, *Rosmarinus officinalis*, *Halimium atriplicifolium*, etc.
- Ambas estrategias: *Dorycnium pentaphyllum*, *Erica arborea*, *E. scoparia*, etc.

Información detallada a este respecto, puede encontrarse en cualquier manual de incendios, especialmente en los de ecología del fuego (por ejemplo: Pyne *et al.*, 1996, Tapias y Gil, 2000 o Whelan, 2001).

La respuesta de la vegetación al impacto del fuego dependerá de factores como (Key and Benson, 2004a):

- El banco de semillas del suelo. El tipo de plantas de que conste y su tolerancia al nuevo entorno quemado.
- Proximidad de áreas no quemadas como fuentes de semillas que se adapten al ecosistema alterado.
- Propiedades locales, tales como pendiente, orientación y capacidad del suelo para almacenamiento de agua.
- Etapa de madurez en la que se encontraba la masa previa al fuego.
- Clima de las estaciones siguientes al evento.

En esta lista, cabría incluir la estación en la que se produce el fuego, que como indican algunos autores (Malanson and Trabaud, 1988; Moreno y Cruz, 2000), tiene una notoria influencia tanto en la supervivencia de la vegetación, como en el vigor del regenerado.

También debe considerarse la **severidad del fuego**, ya que afecta a la cantidad de semillas y órganos resistentes que pueden quedar tras el paso de las llamas, menor cuanto mayor es la severidad (Ryan, 2002).

Mención especial realizaremos de la influencia ejercida por la pendiente y la orientación del terreno ya que, aunque referida en el anterior elenco, se trata de uno de los elementos fundamentales de nuestra hipótesis de trabajo.

La importancia de la **orientación** radica fundamentalmente en las significativas diferencias en las condiciones microclimáticas que aparecen según la exposición de la ladera. Son muchos los trabajos que encuentran que la recuperación vegetal en las solanas es considerablemente más lenta que en las umbrías (Hanes and Jones, 1967; Herranz *et al.*, 1991a; De las Heras *et al.*, 1991; Cerdà *et al.*, 1995). Casi todos estos autores coinciden en que en las umbrías, en 2-3 años, puede alcanzarse un grado de cobertura similar al prefuego y, en pocos años más, encontrar prácticamente las mismas

especies y en proporciones similares. Las solanas, por el contrario, necesitan periodos más largos, permaneciendo por más tiempo las especies pioneras, hasta el reasentamiento de las primitivas.

En el caso de la **pendiente**, conforme ésta aumenta, la regeneración se ve dificultada debido a que la escorrentía superficial se hará más vigorosa y producirá arrastre de gran número de semillas del banco del suelo y, por otro lado, inestabilidad en el terreno, que dificultará los procesos de germinación, arraigo y desarrollo del vegetal. Estos procesos han sido especialmente estudiados en terrenos abarrancados o acarcavados (*badlands*) (Cerdà and García Fayos, 1997; García-Fayos and Cerdà, 1997; García-Fayos *et al.*, 1995, 2001), donde aparece una exagerada actividad del proceso erosivo. Estos estudios señalan que el tamaño, el mucílago y los apéndices de la semilla juegan un papel determinante en el arrastre de las mismas durante el proceso erosivo.

En términos generales, tras el paso del fuego suele aparecer una invasión de especies pioneras, formaciones poco estables que se replegarán con el aumento de la actividad biológica del suelo. Serán sucedidas por masas uniformes y, a veces, monoespecíficas en su estrato dominante, por ejemplo de jarales, pinares o formaciones de quercíneas (Pérez and Moreno, 1998; Ruiz del Castillo, 2000). Robichaud (2000), en una zona quemada de Oregón, observa una recobertura vegetal del 28% de la superficie tras la primera estación de crecimiento, y del 82% tras la segunda.

Finalmente, es importante indicar que la influencia humana en la regeneración también puede ser muy nociva, como es el caso del pastoreo (Naveh, 1974, 1991). Siempre debe impedirse el paso del ganado a las zonas incendiadas durante su periodo de recuperación. En el caso del *Pinus halepensis*, principal masa forestal quemada en nuestra comarca de estudio, no comienza su regeneración hasta dos años después de ocurrido el incendio (Papió, 1988; Herranz *et al.*, 1997), por lo que será especialmente vulnerable al paso del ganado. Por otro lado, y para la misma especie, la corta y extracción de los pies quemados también influye en el aumento de la mortalidad del regenerado (Martínez Sánchez *et al.*, 1999). A una conclusión similar llegan Pérez y Moreno (1998) en un pinar de *Pinus pinaster*. También la introducción de especies exóticas, como algunas pastorables, puede causar a corto y largo plazo importantes cambios en la composición del regenerado tras el fuego (Zedler *et al.*, 1983)

V.4.- EROSIÓN.

La erosión superficial es el movimiento de partículas individuales del suelo debido a una fuerza, que provoca, bien una remoción uniforme del material de la superficie del suelo (erosión laminar) o concentrada (erosión en regueros) en el sentido de la pendiente, o es inducida por la gravedad (erosión gravitacional) o por movimientos de masa, avalanchas o desprendimientos (Foster, 1982).

Se trata, pues, de un conjunto de acciones externas que reducen y desgastan el material superficial de la corteza terrestre, transportándolo y depositándolo en las áreas sedimentarias. Es un proceso completamente natural de modelado del relieve geográfico, pero exacerbado por catástrofes y por la acción humana.

En las áreas semiáridas, como el Mediterráneo, la erosión hídrica es la de efectos más intensos y extendidos (Vélez, 2000e; Cerdà, 2001), debido al régimen particular de precipitaciones a las que éstas se encuentran sometidas. La gota de lluvia golpea el suelo y lo disgrega. El movimiento del agua sobre el suelo arrastrará los materiales disgregados, dando lugar a la erosión. La agresividad de la lluvia aumentará con la intensidad del aguacero.

Otro factor a considerar es el tipo de suelo, que proporcionará mayor o menor resistencia o vulnerabilidad a ser disgregado y transportado. Cerdà (1999) demuestra en un estudio realizado en ecosistemas similares al nuestro, que la erosión que se produce en distintas zonas, con las mismas condiciones, es diferente dependiendo del material madre que forma el sustrato. La erosionabilidad del suelo para la USLE y RUSLE (ecuación universal de la pérdida de suelo y misma ecuación revisada), se debe a la combinación del golpe de la gota de lluvia, escorrentía superficial e infiltración (Renard *et al.*, 1997 en Miller *et al.*, 2003).

La pendiente topográfica es otro de los parámetros a tener en cuenta. Es fácil entender que el aumento de pendiente facilita el movimiento del agua, que adquiere mayor velocidad y, por tanto, se convierte en más agresiva (Munn *et al.*, 1973; Cerdà and García-Fayos, 1997). Por otro lado, ésta producirá una inestabilidad del suelo, así como pérdidas en el banco de semillas, que dificultará la instalación de vegetación (García-Fayos *et al.*, 1995; 2000).

Mención especial debe tener el papel de la vegetación como protector del suelo contra la erosión. Para muchos investigadores, se trata del factor clave en el proceso de erosión (Elwell and Stocking, 1976; Lee and Skogerboe, 1985; Woo and Luk, 1990). Las plantas frenan las gotas de lluvia, reduciendo la energía cinética con que llegan al suelo, retienen parte del agua, disminuyen la velocidad de escorrentía, favorecen la infiltración y sujetan el suelo, previniendo el arrastre (Vélez, 2000e). En la literatura (Andreu *et al.*, 1993, 1994, 1998; Cerdà, 1995, 1997, 1999) se encuentra que las tasas de erosión son muy altas en suelos desnudos, bajas con más del 20% de cobertura, reducidas por encima del 30% y prácticamente nulas cuando la cobertura supera el 50% (Cerdà,

2001). La severidad del fuego es el parámetro que nos permitirá valorar la diferencia en cobertura de la que dispondrá el terreno tras el incendio.

Un factor que en general nunca se considera en el cálculo de la erosión, así por ejemplo, en la globalmente usada ecuación de la USLE, es la orientación a la que se dispone el suelo. Bastantes estudios demuestran que la erosión es más baja en las orientaciones al norte, debido fundamentalmente a que la evolución y mantenimiento de la agregación de las partículas en el suelo es mejor y más rápida en esta exposición que en la solana (Cerdà *et al.*, 1995; Cerdà, 1998a,c; Andreu *et al.*, 2001; Pierson *et al.*, 2002).

Finalmente, quisiéramos hacer un mínimo repaso de la influencia del fuego en la erosión. La práctica totalidad de los autores consultados se muestran de acuerdo en que la erosión se ve incrementada tras la acción de un incendio forestal (por ejemplo: Morris and Moses, 1987; Shakesby *et al.*, 1993; Cerdà, 1995; Andreu *et al.*, 1996; Cerdà, 1998; Robichaud, 2000; Pierson *et al.*, 2001b, 2002).

Obviamente, la destrucción de la cubierta vegetal, dejará al suelo desprotegido (Ilustración 3), tanto del impacto directo de la gota de lluvia, como del movimiento del agua en la ladera (Robichaud, 2000). La destrucción de parte de la materia orgánica del sustrato, facilitará el arrastre de las partículas, dado la pérdida de cohesión de los agregados (Giovannini *et al.*, 1987; Vélez, 2000e; Andreu *et al.*, 2001). Esto inducirá un taponamiento parcial de los poros del suelo, que disminuirá la capacidad de infiltración y retención del agua. Diversos estudios apunta la aparición de fenómenos de hidrofobicidad, mayores cuanto más alta sea la severidad del fuego, y que se suman a la dificultad de infiltración (DeBano, 1981; BAER, 2000; Martín and Moody, 2001; Pierson *et al.*, 2001a).



Ilustración 3: La destrucción de la vegetación por parte del fuego, deja al suelo mucho más desprotegido del impacto de la gota de lluvia, escorrentía superficial, etc. En la imagen una ladera en el incendio de Yeste.

La severidad con la que actúa el fuego es un factor muy importante con respecto a la erosión:

- Diferentes estudios (McNabb and Swanson, 1990; Robichaud, 2000; Benavides-Solorio *et al.*, 2002; Pierson *et al.*, 2002, 2003;) señalan que la erosión aumenta notoriamente conforme se incrementa la severidad del fuego.
- Puede influir en la duración de la pérdida de capacidad de retención de agua por parte del suelo, que será de semanas o de décadas (Baker, 1990).
- El tiempo de reducción de la erosión a cifras similares a las previas al fuego varía desde tres años, si la severidad del fuego ha sido baja, a entre 7 y 14 años en severidades medias y altas (DeBano *et al.*, 1996).

A todo este conjunto de factores Ryan (2002) lo llama “efecto sinérgico del fuego”, ya que la potencial erosión se incrementa con la severidad del fuego, su intensidad y la pendiente del terreno (DeBano *et al.*, 1998; Gresswell, 1999).

En cuanto a las cifras de erosión, son altamente variables. Para ecosistemas mediterráneos, Cerdà (2001) hace un exhaustivo repaso a los datos obtenidos por un buen número de autores. A nivel general, parecen coincidir en que la erosión es baja inmediatamente después del fuego (Cerdà, 1998b), debido quizá a la alta infiltración de las cenizas que cubren el suelo; alta tras las primeras lluvias otoñales, por el elevado contenido de humedad, formación de costras y degradación de la estructura del suelo, volviendo a cifras similares a antes del incendio dos años después de producirse el fuego en la umbría, o cuatro si es en la solana, debido, fundamentalmente, a la reinstalación de la vegetación.

Estudios en Estados Unidos apuntan en el mismo sentido: la mayor parte de los sedimentos se recolectan el primer año tras el fuego (Agee, 1993; DeBano *et al.*, 1998; Robichaud and Brown, 1999), reduciéndose a cifras similares a las previas al fuego, pasados cuatro años (Robichaud and Brown, 1999).

V.5. TELEDETECCIÓN. FUNDAMENTOS.

V.5.1.-Introducción

En 1972 fue lanzado el primer satélite de observación de los recursos naturales (ERTS 1). Desde entonces, un nuevo y amplio campo de estudio surgió para aquellos que trabajan sobre el medio natural, manifestándose como una herramienta cada vez más útil para el seguimiento de procesos ambientales, especialmente de aquellos con mayor impacto para nuestro planeta.

Resulta sorprendente lo poco consciente que es el público en general, de cuánto afecta la teledetección a su vida cotidiana. La información recogida por los satélites se usa para predecir el clima, la producción de cultivos, eclosión de plagas, condiciones oceanográficas, para identificar sequías, en el seguimiento del cambio climático global, analizar y planificar los usos del suelo, etc. (Bobbe *et al.*, 2001a).

Enlazado con esta creciente demanda de productos de teledetección, se ha observado un notorio aumento de plataformas y sistemas de captura de datos, tanto públicos como privados, haciendo que en la actualidad pueda accederse a estos productos a un precio por km² muy razonable (Jensen, 2000).

De entre los fenómenos más perjudiciales para el medio ambiente global, encontramos a los incendios forestales. Como hemos detallado en capítulos anteriores, la cobertura vegetal preserva el suelo, previene contra la erosión, hace de regulador hidrológico, protege a la fauna y es lugar de recreo humano (López *et al.*, 1991). La pérdida producida por los incendios significa eliminar estos factores positivos y, por *ende*, a sus beneficios. El profundo cambio que producen en el paisaje, los hacen fácilmente observables mediante sensores espaciales, razón básica de su profuso estudio en teledetección.

Las aplicaciones que se le han encontrado son muy variadas y, afortunadamente, cada vez más extendidas: determinación del peligro de incendio (López *et al.*, 1991; Chuvieco and Martín, 1994; Illera, 1996), cartografía, cuantificación y análisis de las superficies quemadas (Malingreau *et al.*, 1985; Chuvieco and Congalton, 1988; Jakubauscas *et al.*, 1990; Coppin and Bauer, 1994; Ruiz-Gallardo *et al.*, 2004a,b), evolución de la regeneración natural post-incendio (Fiorella and Ripple, 1993; Viedma *et al.*, 1997; Díaz-Delgado *et al.*, 1998; Helmer *et al.*, 2000; Riaño *et al.*, 2002), etc., son algunos de los ejemplos más notorios, aunque normalmente no sustituyen totalmente a las técnicas tradicionales, como inventarios de campo o seguimientos *in situ*, pero si constituyen un eficaz complemento, capaz de ahorrar esfuerzos tanto económicos como temporales sobre grandes áreas (Frankin, 1992; Jensen, 1996; Lillesand and Kiefer, 1994; Siegert and Hoffmann, 2000).

V.5.2.- Fundamentos de Teledetección.

La palabra “Teledetección” proviene de la traducción dada por los franceses “*télédétection*” en 1967 al término anglosajón “*Remote Sensing*” y puede definirse como “la adquisición de la información sobre un objeto a distancia, es decir, sin que haya contacto material entre el objeto o sistema observado y el observador” (López *et al.*, 1991; Sobrino *et al.*, 2000). El término teledetección se restringe a aquellos métodos que emplean la energía electromagnética reflejada o irradiada por los objetos, lo que excluye las investigaciones eléctricas, magnéticas y gravimétricas, que lo que miden son campos de fuerza (Sabins, 1996). De este modo, la teledetección se centrará en técnicas de adquisición de información en las zonas del espectro electromagnético comprendidas entre las ondas de radio de baja frecuencia y los rayos X, gamma e, incluso, cósmicos (Pinilla, 1995).

Dentro de la teledetección tienen cabida técnicas como la fotografía aérea, la videografía, el radar y lidar aerotransportado y la teledetección espacial tanto activa como pasiva (Chuvieco, 2002). El planteamiento en este estudio se basa en esta última, para lo que se han adquirido imágenes que proceden de este tipo de receptores y, por tanto, sería excesivo entrar en detalles sobre el resto de técnicas, que sin duda resultarían también de utilidad, pero que se salen de los límites de este trabajo.

Los satélites artificiales son la mejor plataforma de observación para instalar los sensores de teledetección (Montesinos, 1995). Las ventajas genéricas que podemos encontrar pueden sintetizarse en tres (López *et al.*, 1991):

- a) Realizan una cobertura periódica de la superficie de la Tierra, lo que permite estudios de evolución temporal.
- b) Permiten una visión global de grandes espacios, lo que homogeneiza la toma de datos.
- c) Permiten obtener información sobre regiones no visibles de espectro electromagnético, registrando datos inaccesibles al ojo humano.

En función de las características orbitales, los satélites pueden clasificarse en tres tipos (Montesinos, 1995):

- a) Geostacionarios (o geosíncronos). Son aquellos que se encuentran a una altura tal que su periodo orbital (tiempo que tarda en completar una órbita alrededor del planeta) es igual a la velocidad de rotación de la Tierra, por lo que aparecen como inmóviles, siempre en la misma posición respecto a un punto de la superficie terrestre. Algunos ejemplos son: GOES, METEOSAT, GSM o INSAT.
- b) De órbita polar (o heliosíncronos). Describen órbitas circulares o ligeramente excéntricas, con dirección Norte-Sur, mientras la Tierra gira bajo ellos en sentido Oeste –Este. Algunos ejemplos son: NOAA, LANDSAT, SPOT e IKONOS.
- c) De órbita general. No presentan órbita ni geosíncrona ni heliosíncrona. Son muy variados y se dedican a diferentes estudios. Como ejemplo, tenemos los satélites de los programas SEASAT.

De estos tres tipos, los de mayor interés en este estudio son los de órbita polar, en especial LANDSAT, cuyos sensores presentan las características idóneas, en nuestra opinión, para este trabajo.

V.5.3.- El programa LANDSAT

Landsat, fue el primer satélite diseñado para proveer una cobertura casi total de la superficie terrestre (Richards, 1995). Se inició el 23 de Julio de 1972 con el lanzamiento en una base militar de California (USA) del satélite ERTS-1, (*Earth Resources Technology Satellite*) rebautizado posteriormente con el nombre Landsat-1. En 1975, 1978, 1982 y 1984 fueron lanzados los Landsat 2, 3, 4 y 5 y, el 15 de abril de 1999, el Landsat 7 ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper Plus*) (Vease tabla 4), actualmente en baja técnica.

El archivo de imágenes de esta plataforma, contiene copias de las condiciones de la superficie de la Tierra y de cómo ha cambiado desde 1982. Su repetitividad periódica, su perspectiva global y la potencial cuantificación de esos cambios, ofrece un valioso potencial y un reto a la teledetección actual (Schott, 1997).

SATÉLITE	FECHA LANZAMIENTO	ESTADO	SENSORES
LANDSAT 1	23 Julio 1972	Fuera de servicio 6 Ene 1978	MSS y RBV
LANDSAT 2	22 Enero 1975	Fuera de servicio 25 Feb 1982	MSS y RBV
LANDSAT 3	05 Marzo 1978	Fuera de servicio 31 Mar 1983	MSS y RBV
LANDSAT 4	16 Julio 1982	En órbita, situación apagado	TM y MSS
LANDSAT 5	01 Marzo 1984	Operacional	TM y MSS
LANDSAT 6	05 Octubre 1993	No entró en órbita	ETM
LANDSAT 7	15 Abril 1999	Baja técnica	ETM+

Tabla 4: Información sinóptica y estado del programa Landsat (Lauer *et al.*, 1997; NASAweb).

En la actualidad se mantiene activos Landsat 5. El 7 tuvo problemas técnicos, por lo que se ha dado de baja. Sus características básicas son (Chuvieco, 2002; Richards, 1995):

- Altura de órbita: 705 km.
- Tipo de órbita: cuasi-polar y heliosíncrona, con inclinación de 98,2°.
- Anchura de área observada: 183 km.
- Solape entre imágenes: 29% (en la Península Ibérica).
- Tiempo de revisita: 16 días.
- Periodo: 99 minutos (233 revoluciones (órbitas/ciclo)).
- Hora de paso: alrededor de las 10 AM (en nuestra latitud, 39° N).

En cuanto a la instrumentación de estas plataformas, realizaremos una breve descripción de TM y ETM+, ya que han sido los utilizados en este trabajo.

El Sensor TM

Este sensor es portado por Landsat 4 y 5. Se denominó *Thematic Mapper* (TM) porque en sus especificaciones de diseño se destinaba precisamente a la elaboración de mapas temáticos, especialmente de agricultura y vegetación. De hecho, inicialmente, la selección de bandas se inclinó fuertemente hacia aplicaciones para el seguimiento de la vegetación. Finalmente se incluyó la banda de 2.08 a 2.35 μm , para facilitar los trabajos en geología. De ahí viene que se llamara banda 7, por detrás del térmico, dada su incorporación posterior (Mika, 1997). En la tabla 5, se presenta un resumen de algunas de las características de este sensor.

Se trata de un sistema de barrido con 16 detectores por banda (excepto TM6, con 4 detectores, debido a su menor resolución espacial). El tiempo empleado en obtener una imagen completa de 185 por 185 km es de 25 segundos.

El sensor ETM+

El sensor ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper Plus*), a bordo de Landsat 7, tiene unas características muy similares a las de su antecesor, TM, siendo su mejora más notable, el aporte de una nueva banda pancromática con píxel de 15 m de lado (Jensen, 2000). Ello supone un avance sustancial en la precisión obtenida en la cartografía temática (Chuvieco, 2002). Por otro lado, aumenta la resolución espacial de la banda térmica a píxel de 60 m de lado, con dos niveles de ganancia. En la tabla 6, se muestra un resumen de sus principales características. El resto, es equivalente al sensor TM.

V.5.4.- La imagen digital

En teledetección espacial, los sensores utilizados codifican la radiación electromagnética en un conjunto de datos digitales, que constituyen una imagen. La imagen digital es la representación de un objeto real mediante una matriz numérica bidimensional (Montesinos, 1995). Es, por tanto, la adaptación al sistema informático de la imagen discreta, es decir de aquella que está formada por un conjunto finito de valores de luminancia, obtenidos mediante el muestreo equiespaciado de una imagen continua (Pinilla, 1995). Espacialmente los datos están compuestos por elementos discretos: los píxeles (*picture element*). Radiométricamente son cuantificados en valores discretos de brillo: las cuentas digitales o niveles digitales (ND) (Richards, 1995).

Las imágenes digitales ofrecen grandes ventajas, destacando el hecho de que puedan ser manipuladas directa y fácilmente usando ordenadores personales (Schott, 1997), ya sea para extraer información mediante análisis digital asistido, o para mejorarla previamente a posteriores procesos de fotointerpretación (Richards, 1995).

La adquisición de la imagen, en el caso de Landsat que es el que nos ocupa, se realiza mediante un espejo basculante, que oscila de forma perpendicular a la trayectoria de la plataforma (figura 10). La imagen consiste en una matriz de valores numéricos que varían entre 0 y 255 y serán proporcionales a la intensidad generada por el detector, como respuesta a la radiancia espectral detectada por éste (Pinilla, 1995). Al valor de

cada píxel, se le llama Nivel Digital (ND); Podrá convertirse en una intensidad luminosa o nivel de gris (Chuvieco, 2002).

SENSOR TM; LANDSAT 5				
BANDA	COLOR	ANCHO DE BANDA (μ m)	RESOLUCIÓN (m)	CUANTIZACIÓN (niveles)
1	Azul (B)	0.45 - 0.52	30	256
2	Verde (G)	0.52 - 0.60	30	256
3	Rojo (R)	0.63 - 0.69	30	256
4	Infrarrojo cercano (NIR)	0.76 - 0.90	30	256
5	Infrarrojo de onda corta	1.55 - 1.75	30	256
6	Infrarrojo térmico (TIR)	10.4 - 12.5	120	256
7	Infrarrojo de onda corta	2.08 - 2.35	30	256

Banda 1: El límite inferior de la banda corresponde al pico de transmitancia del agua clara. El límite superior está cerca de la región donde se produce la absorción por la clorofila. En su diseño se aconseja esta banda para la diferenciación entre coníferas y caducifolias, discriminación entre suelo y vegetación y batimetría de agua clara.

Banda 2: Esta banda abarca la región entre las dos zonas de absorción debidas a la clorofila. Corresponde al verde de una vegetación vigorosa. Es un indicador del vigor y crecimiento de la vegetación. Se utiliza en estimación de sedimentos y en batimetría de agua turbia.

Banda 3 Esta banda comprende la región en que se produce la absorción en el rojo por la clorofila. Está indicada especialmente en la clasificación de cultivos y en la elaboración de cartografía temática de nieve y hielo.

Banda 4: Corresponde al pico donde es máxima la reflexión de la vegetación. Se aplica en el seguimiento de la biomasa, así como para la delimitación de zonas de agua.

Banda 5: Esta banda es especialmente sensible al contenido en agua de la vegetación. Se aplica a la diferenciación entre nieve y nubes.

Banda 6: En la región correspondiente a esta banda (zona del térmico) la radiación emitida desde las superficies es detectada de acuerdo con la temperatura y emisividad. Se aplica en la elaboración de mapas térmicos, como indicador de estrés en las plantas y en la diferenciación entre usos de suelo urbanos y no urbanos.

Banda 7: Esta banda es de interés para estudios con fines geológicos. Se aplica en la elaboración de cartografía temática de aguas termales. Se usa en la discriminación entre rocas y suelos para la geología de minerales y petróleo.

Tabla 5: El sensor TM: características espectrales de sus bandas. Algunas aplicaciones (Slater, 1980; Mika, 1997; NASAweb).

Pero en general, todas las imágenes de satélite están constituidas por varias bandas espectrales del mismo territorio, con lo cual, la imagen digital suele representarse como una matriz tridimensional en donde las dos primeras corresponden a las coordenadas de

la imagen, mientras la tercera corresponde a la resolución espectral del sensor, es decir, al número de bandas que puede detectar (Chuvieco, 2002).

SENSOR ETM+; LANDSAT 7				
BANDA	COLOR	ANCHO DE BANDA (μ m)	RESOLUCIÓN (m)	CUANTIZACIÓN (niveles)
1	Azul (B)	0.450 - 0.515	30	256
2	Verde (G)	0.525 - 0.605	30	256
3	Rojo (R)	0.630 - 0.690	30	256
4	Infrarrojo cercano (NIR)	0.750 - 0.900	30	256
5	Infrarrojo de onda corta (SWIR)	1.55 - 1.75	30	256
6	Infrarrojo térmico (TIR)	10.40 - 12.50	60	256
7	Infrarrojo de onda corta (SWIR)	2.08 - 2.35	30	256
8	Pancromático	0.52 - 0.90	15	256

Tabla 6: El sensor ETM+: características espectrales de sus bandas (Jensen, 2000)

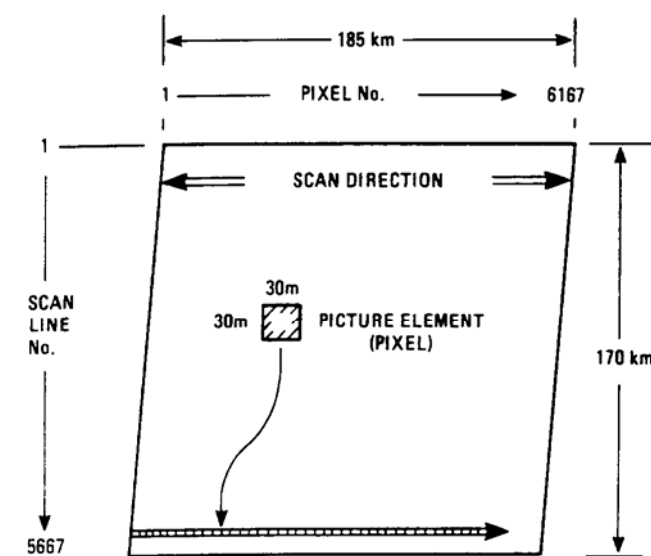


Figura 10: Distribución de las líneas de barrido y los píxeles en una escena Landsat TM (Sabins, 1996).

V.5.5.- Tratamiento digital de la imagen.

El tratamiento digital de las imágenes es un conjunto de operaciones que realizamos sobre la matriz numérica que la constituye, obteniendo así una representación más adecuada a las necesidades y usos para los que se destine.

Los tratamientos que se le pueden dar a la imagen digital son muchos pero, resumiendo, los más frecuentes puede dividirse en tres grupos (Montesinos, 1995):

1.- Restauración de la imagen:

- Corrección radiométrica.
- Corrección geométrica.

2.- Realce de la imagen:

- Realce radiométrico.
- Realce geométrico.
-

3.- Extracción de información:

- Componentes principales.
- Operaciones aritméticas.
- Clasificación automática.

Los tratamientos de restauración son aplicados para mitigar errores radiométricos, ruido y distorsiones geométricas propias del proceso de adquisición de la imagen.

El realce engloba una serie de operaciones destinadas a proporcionar una mejor visualización e interpretación de la información que contienen las imágenes. El realce radiométrico modifica el valor del píxel individualmente, mientras el geométrico utiliza el valor de los vecinos para cambiar el de cada uno.

La extracción de la información contenida en la imagen es el fin último del proceso. Para ello se usan diferentes técnicas: i) análisis de componentes principales, mediante el cual se sintetiza la información de todas las bandas, reduciendo su número y eliminando así la información redundante; ii) operaciones aritméticas: suma, resta, multiplicación, cociente o combinación de varias de estas operaciones, con diferentes bandas de la misma zona y de la misma o distinta fecha; iii) clasificación automática: consiste en asociar los píxeles en grupos que representan objetos del territorio, basándose en sus características espectrales.

En el capítulo VI, Método, profundizaremos en la mayor parte de estos puntos.

V.5.6.- Aplicaciones

Las aplicaciones de la teledetección espacial son numerosísimas, creciendo día a día. Sintetizando y siguiendo a Pinilla (1995), pueden destacarse:

- Estudio de la litosfera:
 - Riesgo de erosión.
 - Estudios geomorfológicos y geológicos.
 - Radiación solar a nivel de la superficie.
- Estudio de la hidrosfera:
 - Temperaturas.
 - Oleaje.
 - Hidrología.
- Estudio de la atmósfera.
- Estudio de la biosfera.
- Cartografía.
- Ordenación del territorio.

V.6.- SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.

En el presente estudio nos apoyaremos, de forma sustancial, en el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), razón por la que consideramos oportuno hacer una breve introducción y descripción de su base y fundamento teórico.

V.6.1.- Introducción.

La necesidad de emplazar información en un contexto geográfico, ha marcado muchos aspectos de la actividad humana (Jones, 1997). Así, la humanidad ha recopilado y procesado información geográfica durante milenios, intentado representarla al menos desde que se conocen documentos escritos (Harley *et al.*, 1989). Prueba de ello es que algunos manuscritos de la antigua Mesopotamia y Egipto se contiene información sobre límites de parcelas, aparecen mapas con rutas y características de lugares lejanos, etc. (Chrisman, 1997).

El propósito básico ha sido siempre el tratar de asemejar la realidad geográfica, y toda su información asociada, a un modelo abstracto, de la forma más objetiva posible y sencilla de comprender y analizar. Así, por ejemplo, un mapa es un modelo de la realidad que nos permite ver y evaluar, de un vistazo, la relación espacial entre las distintas variables (DeMers, 2000).

Pero la realidad geográfica está compuesta por miles de elementos y pretender introducir todos estos elementos en una base de datos cartográfica supondría una tarea inabarcable y, en muchos casos, inútil y entorpecedora. Cada tipo de estudio requiere de una información particular que es totalmente independiente de otros factores. Por tanto, la información geográfica que se va a utilizar en cada caso será función del sistema que se vaya a diseñar o, lo que es lo mismo, de los problemas que se pretendan resolver (Comas y Ruiz, 1993).

Actualmente, el alto nivel de desarrollo de los sistemas informáticos, ha llevado a que se alcancen cotas de eficiencia, sencillez de manejo, volumen de datos tratados, calidad de salidas, etc., impensables tan solo hace unos años. El resultado de estos esfuerzos tecnológicos ha quedado reflejado en los Sistemas de Información Geográfica (Jones, 1997).

Se trata, por tanto, de hacer modelos del medio físico, o de aquellas partes del mismo, que nos resulten interesantes y digitalizarlas para hacerlas accesibles a los ordenadores. De esta forma, podremos trabajar con una ingente cantidad de datos de forma rápida y eficiente.

Por último, aunque los software SIG suelen ser accesibles en su manejo, es imprescindible el conocimiento de la terminología básica de análisis cartográfico. Pero, especialmente, se debe ser consciente de las limitaciones de la cartografía que, como ya hemos expuesto, no son más que simplificaciones y generalizaciones de la realidad, mayores cuanto menor sea la escala (DeMers, 2000).

V.6.2.- Definición.

En la bibliografía podemos encontrar múltiples definiciones de “Sistema de Información Geográfica”. Ello se debe, sencillamente, a la diferente visión de sus usuarios según su formación, la distinta aplicación que a éste se le dé o, incluso, la probable variación temporal, dependiendo de la evolución de la tecnología y las aplicaciones (Pickles, 1995). Una de las definiciones más generales es: “Un sistema de hardware, software, de datos, de personas individuales, organizaciones e instituciones para recopilar, almacenar, analizar y diseminar información sobre áreas de la Tierra” (Dueker and Vrana, 1992). Esta fue desarrollada por consenso entre 30 especialistas en SIG (Chrisman, 1997).

En esencia, un SIG se usa para añadir valor a los datos espaciales, ya que permite tenerlos organizados y fácilmente visualizables; tiene capacidad para integrarlos con otros datos, los analiza y es capaz de crear nuevos valores e integrarlos con el resto, con lo que puede obtener información útil para la ayuda en la toma de decisiones (Heywood *et al.*, 1998).

V.6.3.- Componentes.

El debate sobre los componente de los SIG es casi tan amplio como el de su definición (Heywood *et al.*, 1998). Para Burrough (1986), aparecen tres componentes básicos: el hardware, el conjunto de módulos de aplicación software y un contexto organizativo apropiado. Los tres tienen que estar en equilibrio para que el sistema funcione satisfactoriamente.

Hardware: su principal componente es el ordenador, ligado a una unidad de almacenamiento en disco que proporciona espacio para almacenar los datos y programas. Tabletas digitalizadoras, escáneres, etc., se utilizan para hacer accesibles diferentes datos al ordenador. *Plotter*, impresoras o pantalla son necesarios para presentar los resultados del proceso; por último, unidades de almacenamiento, como disquetes, discos compactos, dvd, etc., se utilizan para almacenar o transferir información. Con respecto a este último parámetro, las redes de comunicación son vías perfectas de transferencia de datos.

Software: el paquete de software de un SIG cosiste en 5 módulos básicos, subsistemas para:

- Entrada y verificación de datos: cubre todos los aspectos de la transformación de los datos existentes, en todas sus formas, a un formato digital compatible.
- Almacenamiento y gestión de bases de datos: acumular datos y organizarlos bien es esencial para el buen funcionamiento. El Data Base Management System (DBMS), debe ofrecer al sistema la posibilidad de soportar multitud de usuarios y bases de datos, un eficaz almacenamiento y una recuperación y actualización de los datos que no soporte redundancias y resuelva su independencia.

- Salida y presentación de resultados: las salidas del SIG se pueden realizar de multiples formas (mapas, tablas, figuras, listados, etc.), bien en papel o en soporte hardware.
- Transformación de datos: engloba dos tipos de operaciones, en primer lugar aquellas necesarias para eliminar errores de los datos, actualizarlos o ajustarlos a otros conjuntos de datos, y en segundo lugar, la gran cantidad de métodos de análisis que se pueden aplicar a los datos para conseguir respuestas a las preguntas hechas al SIG.
- Interacción con el usuario: módulo de gran importancia, ya que es el usuario quien va a tener un contacto directo con el ordenador y, por tanto, quien sabe lo que quiere y como lo quiere.

Aspectos organizativos: Los subsistemas anteriores gobiernan la forma en la que la información geográfica se puede procesar, pero no garantizan en si mismos que cualquier SIG se pueda utilizar efectivamente. Para hacerlo, éste tiene que estar situado en un contexto organizativo apropiado, lo que significa que, para que toda la información que se introduce en el sistema resulte útil y manejable, es necesario organizarla en bases de datos.

V.6.4.- Funciones.

Como tecnología, un SIG no está limitado necesariamente a los confines de un sistema independiente. Puede tener perfectamente varios componentes, cada uno con un objetivo particular. Por ello, podemos identificar tres funciones principales que un SIG debe cumplir (Scholten and Stilwell, 1990):

- Almacenamiento, gestión e integración de grandes cantidades de datos espaciales referenciados. Una base de datos referenciada espacialmente se puede concebir como compuesta de dos tipos de información: datos de situación y atributos. Los primeros son coordenadas bi o tridimensionales de puntos, segmentos o polígonos. Los atributos se refieren a las características de los anteriores.
- Proveer medios para ejecutar análisis que se relacionen específicamente con el componente geográfico de los datos. Las técnicas de análisis más sofisticadas son capaces de realizar modelizaciones muy complejas suministrando grandes oportunidades analíticas.
- Organización y gestión de grandes cantidades de datos de tal forma que la información sea fácilmente accesible a todos los usuarios. Un SIG debe ser, así mismo, capaz de desplegar datos sobre mapas, que son productos implícitos de todo el trabajo que se lleva a cabo en el sistema.

En el caso de los incendios forestales, los SIG son una herramienta que nos permite combinar gran cantidad de capas, representando los diferentes parámetros que caracterizan el incendio, independientemente del tamaño de escala (Albini, 1976; Burgan and Shasby, 1984; Yool *et al.*, 1985; Carapella, 1996).

V.6.5.- Aplicaciones.

El rango de información que puede ser emplazado dentro de un marco geográfico es prácticamente infinito por lo que, en principio, hay muy pocos límites en la variedad de posibles aplicaciones de los SIG, reflejado, en parte, en el continuo crecimiento en el uso de estos sistemas en muy diversas disciplinas (Jones, 1987).

Son muchos los autores que hacen repaso, más o menos exhaustivo, de sus diversas aplicaciones; por citar algunos: Burrough (1986), Chrisman (1997), Jones (1997), Heywood *et al.* (1998), etc. Sintetizando de Longley *et al.* (1999), encontramos las principales aplicaciones agrupadas en dos bloques:

Aplicaciones operacionales:

- Telecomunicaciones.
- Transporte.
- Gestión de emergencias.
- Administración de uso de suelo.
- Planificación urbana.
- Aplicaciones militares.

Aplicaciones sociales y medio ambientales:

- Salud y sanidad.
- Geografía política.
- Seguimiento de la cubierta y uso del suelo en planificación urbana y ambiental.
- Conservación paisajística.
- Agricultura.
- Seguimiento y evaluación/valoración ambiental.

Capítulo VI:

Método



Imagen de portada: Incendio de Yeste. Raíz descarnada consecuencia de la erosión.

Capítulo VI:

Método

“La inteligencia no radica en cuanto sabes,
sino en lo bien que sabes emplear lo poco que sepas”

Confucio

Al hablar del método, no podemos perder de vista cual es nuestro objetivo principal: desarrollar un método semiautomático que permita localizar las áreas con mayor peligro de erosión, y por tanto, con mayor necesidad de intervención forestal. El producto final será un mapa de Prioridad de Actuación Postincendio forestal (PAP). Como hemos explicado, su cartografía se apoya en la determinación de tres parámetros básicos del área quemada: severidad de fuego, pendiente y orientación.

La presentación del método la articularemos de la siguiente forma:

1.- Obtención de datos e introducción en el sistema:

- Generación del modelo digital del terreno: en este punto, determinaremos la cartografía digital que cubre el área, realizaremos los tratamientos necesarios para su introducción y adaptación al sistema, así como las operaciones apropiadas para la extracción de los parámetros requeridos por el método.
- Selección de imágenes de satélite y tratamientos previos: se elegirán las imágenes de satélite que mejor se adecuen, tanto a la zona de estudio, como a nuestros requerimientos. Asimismo, realizaremos los tratamientos previos necesarios para eliminar de las imágenes la mayor parte de los errores introducidos en la adquisición: corrección geométrica y georreferenciación, conversión de ND a parámetros físicos, etc.

2.- Análisis de datos:

- Digitalización de la máscara del incendio: debido a que pueden aparecer confusiones entre la zona quemada y otras similares del resto de la escena, resulta interesante digitalizar una máscara que aisle al incendio. Se dibuja sobre las imágenes pretratadas.

- Severidad del fuego y estimación de la superficie quemada: dentro del análisis de la severidad del fuego, encontramos dos puntos perfectamente diferenciados. Por un lado a) su evaluación mediante trabajo de campo y por otro, b) su estimación usando técnicas de teledetección. En este último punto serán estudiados: algunos métodos existentes y comunmente utilizados; propuestos los rangos de valores que en cada método ocupan los diferentes niveles de severidad. Finalmente, se aplicará el método seleccionado, y se calculará la superficie afectada por el fuego en los tres casos de estudio.
- Interrelación de capas de información. Cruce de mapas: una vez extraída la superficie quemada, usando un SIG, se cruzará con los mapas de pendientes y orientaciones, obteniendo estos parámetros para cada unidad de superficie quemada ya clasificada en función de la severidad del fuego.

3.- Generalización. Elaboración de hipótesis:

- Propuesta de matrices de cruce. Obtención del mapa de Prioridad de Actuación Postincendio (PAP): los mapas obtenidos son combinados mediante una sucesión de matrices que confluirán en un mapa final PAP.

4.- Comprobación:

- Trabajo de campo: en este punto se especifican elementos como el diseño del muestreo de campo, la selección de parámetros a estudiar y los parámetros estimados.
- Determinación de la fiabilidad del método: final necesario para cualquier estudio es cotejar la bondad y el ajuste del trabajo realizado, con respecto al análisis llevado a cabo en el campo (verdad terreno). Se especificará la forma en que se ha efectuado.

VI.1.- OBTENCIÓN DE DATOS E INTRODUCCIÓN EN EL SISTEMA.

Generalmente, los datos digitales deben sufrir un procesado previo a su introducción en el sistema, para hacerlos compatibles y accesibles al mismo. Una vez allí, se requieren nuevos tratamientos que los configuren adecuadamente para cubrir las necesidades específicas del método.

VI.1.1.- Generación del modelo geográfico.

VI.1.1.1.- Importancia.

Numerosos elementos del procedimiento objeto de estudio, se verán influenciados notoriamente por las características geomorfológicas del territorio. Destacamos los siguientes:

- Sobre la radiometría de las imágenes: ya que la distinta exposición y pendiente del terreno, provocarán que similares coberturas tengan respuestas muy diferentes (véase punto VI.1.2.2.3. “Corrección del efecto de la topografía sobre la reflectividad”).
- Sobre el comportamiento del fuego: la topografía constituye uno de los elementos del triángulo del fuego: clima - combustible - topografía (Countryman, 1972). Su importancia estriba en que modifica los patrones climáticos influyendo en el tipo de vegetación encontrada y en sus condiciones de humedad (Pyne *et al.*, 1996). Para Trabaud (1992), la *pendiente* acelera la velocidad de expansión del fuego, cuando su dirección de expansión es ascendente y lo ralentiza cuando es descendente; la *orientación* del terreno modifica las condiciones de insolación y vientos locales, influyendo en la probabilidad de ignición y desarrollo del fuego.
- Sobre la erosión y regeneración posterior al incendio: como hemos visto en el capítulo anterior, y a modo de resumen, la *pendiente* del terreno (Wischmeier and Smith, 1958; Munn *et al.*, 1973; MOPT, 1992; Cerdà and García-Fayos, 1997) es un factor íntimamente relacionado con la probabilidad de erosión. Por otro lado, su aumento complicará el proceso de germinación de las semillas, debido a la inestabilidad de la superficie y a la eliminación (parcial o total) del banco de semillas (García-Fayos *et al.*, 1995; 2000). La *orientación* de la ladera modifica sustancialmente las condiciones microclimáticas de las laderas, especialmente en ecosistemas semiáridos. Estas condiciones facilitarán o dificultarán la regeneración natural (Hanes and Jones, 1967; Herranz *et al.*, 1991a; De las Heras *et al.*, 1991; Cerdà *et al.*, 1995; Cerdà, 1998a), relacionada directamente con la capacidad de protección del suelo. Por otro lado, también afecta a la agregación de las partículas que lo constituyen (Cerdà, 1998a,c; Andreu *et al.*, 2001; Pierson *et al.*, 2002), influyendo en el proceso erosivo. Cerdà *et al.* (1995), probaron su efecto en procesos hidrológicos y erosionales en ecosistemas similares.

VI.1.1.2.- Selección de datos.

Una vez seleccionadas las áreas de estudio, se comprueba qué hojas del mapa topográfico nacional (MTN) las cubren (Tabla 7). La escala mayor a la que pueden conseguirse en formato digital es 1:25000. De ella se adquieren los ficheros restituidos a través del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG). En nuestro caso fueron adquiridas las hojas necesarias para cubrir la superficie quemada. El resto de la superficie ocupada por la imagen de satélite, se completó con cartografía de menor escala (1:200000). Finalizado el procesamiento de todas ellas, se realizó un mosaico, en donde como base tenemos la cartografía del 200000 y, en las áreas de nuestros incendios, aumentamos a 1:25000.

CÓDIGO DE HOJA 1:25000	INCENDIO
793 I (no) San Benito	Almansa
793 II (ne) Navalón	Almansa
793 III (so) Almansa	Almansa
793 IV (se) Torre-Tallada	Almansa
842 IV(se) Liétor	Liétor
867 (ne) Elche de la Sierra	Liétor
868 (no) Isso	Liétor
866 I (no) Villaverde de Guadalimar	Yeste
866 II (ne) Molinicos	Yeste
866 III (so) Tus	Yeste
866 IV(se) Yeste	Yeste
888 I (no) Arguellite	Yeste
888 II (ne) Sege	Yeste
888 III (so) Góntar	Yeste
888 IV (se) Yetas de Abajo	Yeste

Tabla 7: Hojas 1:25000 seleccionadas para el proceso. Se indica: numeral del 1:50000, cuarto correspondiente (se incluye porción geográfica dentro de la hoja) y denominación, e incendio al que corresponde.

VI.1.1.3.- Tratamiento.

Tras la adquisición de las hojas, se realizó una depuración de líneas, eliminando las inservibles (camino, cursos de agua, línea de embalses, etc.), corrigiendo valores erróneos, uniendo las discontinuidades, etc. Seguidamente se realizó un mosaico con las hojas colindantes, procediendo a su interpolación. Esta operación se ha efectuado con una rutina del programa MIRAMON v4.2 (MIRAMON © Xavier Pons, 1994-2003). Examinados diferentes paquetes informáticos, se optó por éste ya que no considera un único procedimiento de interpolación clásico, sino que aplicará uno u otro, en función de las condiciones del entorno en cada punto del territorio. Con ello se evitará, por ejemplo, que las cumbres y valles queden siempre como planos horizontales al aplicar

interpolaciones lineales, o la aparición de artefactos por aplicar funciones cúbicas (*spline*). Por otro lado, interpola directamente a partir de isolíneas, sin necesidad de generar un previo rasterizado, con las consiguientes ventajas que aporta. Información más extensa se recoge en el *Anexo I*.

Una vez interpolada la capa vectorial, obtenemos el modelo digital de elevaciones (figura 11), del cual puede extraerse el mapa de pendientes y el de orientaciones, todos utilizados en procesos posteriores.

La pendiente es la inclinación de un terreno respecto a un plano horizontal (MOPT, 1992). El mapa correspondiente (figura 12) se ha obtenido considerando la pendiente máxima en función del plano definido entre las cotas de los píxeles vecinos. Los valores se han obtenido en grados.

La orientación es el ángulo recogido entre el vector norte y la proyección sobre el plano horizontal, del vector perpendicular a una superficie. Operativamente, el mapa de orientaciones (figura 12) se obtiene determinando el ángulo formado por la proyección sobre el plano horizontal, del vector perpendicular al plano definido por las cotas de los píxeles vecinos. Se mide de forma continua (de 0 a 360°), en grados y en sentido horario. Cuando una zona es perfectamente plana, su orientación queda indefinida. A ésta se le ha aplicado el valor -1. No obstante, se han considerado como planas todas aquellas superficies cuya pendiente es inferior a 0,5°, ya que aunque geométricamente tengan una orientación, realmente parece más adecuado considerarlas con una exposición a todos los vientos.

En cuanto al tamaño de celda de los mapas ráster generados, el autor del método recomienda un tamaño de entre 1 y 0,5 mm el de la escala original (Miramon, 1994-2003, ayuda *on line*). Siguiendo estas sugerencias, se han escogido píxeles de 25 m con la cartografía 1:25000 y de 200 m, en el procedente del mapa 1:200000. Posteriormente este último mapa fue densificado a tamaño de píxel de 25 m para homogeneizar tamaños y poder realizar un mosaico con los procedentes de la cartografía 1:25000. Finalmente, para corregir la imagen Landsat ETM+ (b8, pancromática), el mosaico volvió a densificarse a tamaño de 12,5 m. En estos procesos se han utilizado interpoladores de tipo convolución cúbica.

VI.1.2.- Selección de imágenes y sus tratamientos previos.

VI.1.2.1.- Selección de imágenes.

Uno de los puntos más delicados en cualquier estudio de teledetección es la selección de las imágenes con las que vamos a trabajar. Estas generalmente constituyen la base del trabajo, por lo que sus posibles errores o limitaciones se trasladarán al desarrollo del estudio. De forma previa a la elección, es conveniente que marquemos los objetivos pretendidos y la escala de trabajo. Con ello tendremos elementos para elegir plataforma y sensor (resoluciones radiométrica, espacial y temporal). Para mayor información, puede consultarse textos como Pinilla (1995, capítulo 3), o Chuvieco (2002, capítulo 4).

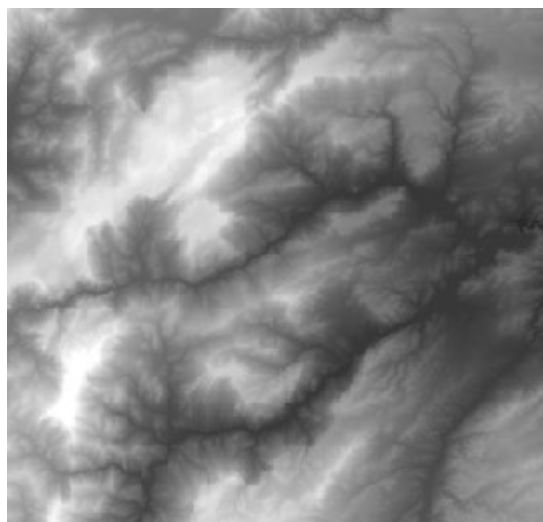


Figura 11: Modelo Digital de Elevaciones (DEM) de la zona de Yeste, construido a partir de las Hojas MTN 1:25000: 866 I, II, III, IV y 888 I, II, III, IV. La visualización se ha realizado con paleta de grises de 256 niveles.

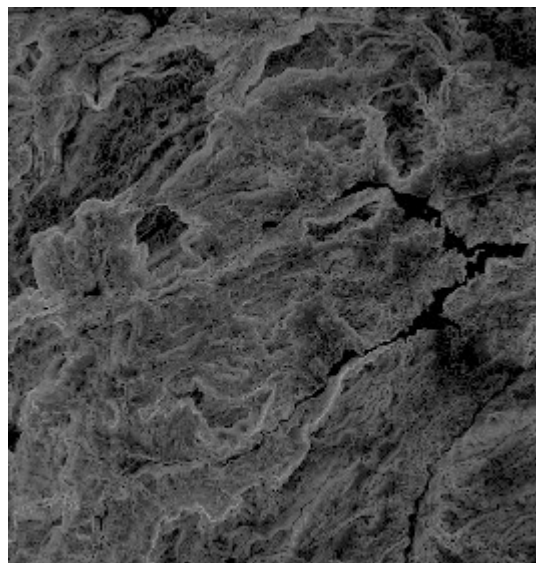
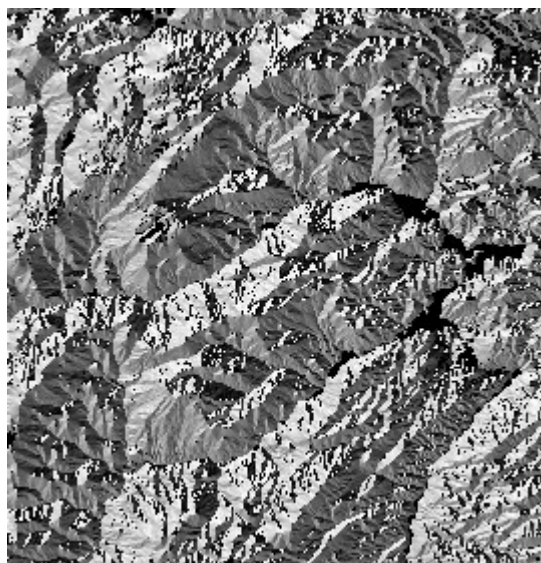


Figura 12: Mapa de orientaciones (izquierda) y pendientes (derecha), de la misma zona del DEM representado en la figura anterior. En ambos, en la porción este, se aprecia la ubicación del pantano de La Fuensanta. La visualización de ambos mapas se ha realizado con paleta de grises de 256 niveles.

En nuestro caso, hemos seleccionado la plataforma Landsat y sus sensores TM y ETM+. Landsat TM ofrece los mejores resultados en delimitación de incendios forestales (Tanaka *at al* 1983; Pereira and Setzer, 1993) y ha sido ampliamente utilizado para la determinación de la severidad del fuego (por ejemplo White *et al.*, 1996; Kushla and

Ripple, 1998; Navarro Cerrillo *et al.*, 1998; Michalek *et al.*, 2000; Bertolette and Spotskey, 2001; Key and Benson, 2004b).

La elección de la fecha o fechas más adecuadas para las imágenes también es otro elemento a cuidar. Los procesos elegidos en este estudio son multitemporales, lo que se traduce en la adquisición de una imagen previa y otra posterior al incendio. Chuvieco y Congalton (1988) indican que la fecha más aconsejable para evaluar las consecuencias del fuego está entre 7 y 30 días tras su control. En cuanto a la fecha previa parece menos delicado, sobre todo en ecosistemas maduros en donde los cambios en la masa vegetal son mínimos. Sí es importante cuidar que ambas imágenes provengan de una época del año similar, de modo que la vegetación tenga condiciones fenológicas y de humedad semejantes, evitando así, posibles discrepancias debidas a estos factores. En este caso podemos remontarnos incluso a varios años atrás. Key and Benson (2004b) señalan que podemos remontarnos a 2 ó 3 años antes del incendio, aunque Jakubauskas *et al.* (1990) hace una clasificación previa al fuego, para obtener severidades, con una imagen de 7 años antes de producirse éste.

Las imágenes seleccionadas se encuentran desprovistas de nubes, bien en su totalidad o, al menos, en el área de estudio. Sus detalles se especifican en la Tabla 8.

Todas las imágenes postincendio se encuentran dentro del mes siguiente al control del fuego. En lo referente a las previas, han sido seleccionadas cumpliendo los requisitos de encontrarnos en la misma estación de crecimiento, con condiciones similares de humedad con respecto a la imagen posterior, y dentro de los 4 años anteriores a producirse el fuego. El caso más complicado es el de Yeste, pero su ecosistema era bastante maduro y, por información de los servicios forestales autonómicos, en ese periodo entre imágenes (1991-1994) no se realizó ningún aprovechamiento forestal que pudiese alterar la comparación.

SENSOR	FECHA	HORA ADQUISICIÓN	ORBITA Y PASO	INCENDIO
TM	230791	10:01:08	199-33Flotante	YESTE
TM	160894	10:07:16	199-33Flotante	YESTE
TM	110898	10:22:02	199-33	ALMANSA Y LIÉTOR
ETM+	090900	10:34:00	199-33	ALMANSA Y LIÉTOR

Tabla 8: Imágenes utilizadas para el estudio. Se especifica el sensor Landsat utilizado, la fecha (ddmmaa), la hora de adquisición de la imagen (hh:mm:ss), la órbita y paso y el incendio al que fueron sido aplicadas.

VI.1.2.2.- Tratamientos previos de las imágenes.

Una vez seleccionadas las imágenes fueron sometidas a unos preprocesos, necesarios para corregir algunas alteraciones, así como para hacerlas comparables entre si. Los tratamientos aplicados han sido los siguientes:

- Corrección geométrica y georreferenciación (ortorrectificación).
- Cambio de niveles digitales a parámetros físicos. Cálculo de la reflectividad efectiva simplificada. Corrección radiométrica.
- Corrección del efecto de la topografía sobre la reflectividad.
- Normalización radiométrica.

VI.1.2.2.1.- Corrección geométrica y georreferenciación (ortorrectificación).

Las imágenes de satélite pueden contener una serie de deformaciones geométricas que alteran la posición de sus píxeles, y causadas por diferentes factores: movimiento de la plataforma, rotación y curvatura de la Tierra, etc. La corrección geométrica consiste en realizar pequeños cambios en la posición de los píxeles en la imagen original, con el fin de minimizar las distorsiones en la distribución espacial de la información.

En el caso de Landsat, algunas de las distorsiones que causan desviaciones sistemáticas importantes se corrigen en el preprocesado, que los propios organismos que gestionan las imágenes llevan a cabo antes de su distribución.

El proceso de corrección del resto de distorsiones, puede ser realizado tanto de forma previa al análisis de las imágenes, o una vez finalizado. El primer caso es imprescindible si efectuamos superposición de otra cartografía o en los estudios multitemporales (Pinilla, 1995). En nuestro caso confluyen ambos elementos, por lo que realizaremos las correcciones geométricas de forma previa al resto de tratamientos.

La georreferenciación es un proceso mediante el cual, a cada píxel de la imagen se le asignan coordenadas cartográficas (Richards, 1995). Si además se ha introducido el relieve a partir de un Modelo Digital de Elevaciones (MDE), el resultado será una ortoimagen. Tras este proceso, la imagen podrá ser perfectamente superponible con cualquier otra cartografía referida a la misma proyección. La asignación de coordenadas se ha hecho en la proyección UTM (*Universal Transverse Mercator*), huso 30 (hemisferio norte), que es la que corresponde a las zonas de estudio. Las características de la proyección están basadas en el elipsoide de Hayford de 1909 o Internacional de 1924 (*European Datum* 1950, según parámetros del IGN).

Generalmente suele realizarse la georreferenciación sin incorporar el factor altitud topográfica. Esto será factible cuando la diferencia de altitud del terreno dentro de la escena sea escasa. De lo contrario la imagen tendrá que ser sometida a un proceso de ortorrectificación (Pinilla, 1995). Sin embargo, autores como Billingsley (1983), Novak, (1992) o Ardizzone *et al.* (1993), consideran que el efecto del desplazamiento debido al relieve es insignificante, ya que la altura de vuelo del satélite es enorme en comparación con la altura de las montañas. En sentido opuesto, Palà and Pons (1995) hacen un interesante ensayo en donde encuentran errores muy importantes en la posición de los píxeles, de no ser considerado el factor altitud. Siguiendo el criterio de estos autores, en las imágenes utilizadas ha sido considerado este parámetro.

Para efectuar la corrección geométrica, podemos encontrar diferentes métodos que, pero en general, pueden sintetizarse en dos grupos (Segarra, 1991):

- Métodos orbitales, que son aquellos que se basan en el conocimiento de los parámetros orbitales del satélite en el momento de adquisición de la imagen
- Método de los puntos de control, basado en el conocimiento de las coordenadas de una serie de puntos, los llamados puntos de control, de los que a su vez se conoce la posición en la imagen original (en este caso en filas y columnas).

Este último método ha sido el que hemos empleado en nuestras imágenes, y su proceso se realiza en tres fases (Chuvienco, 2002):

i) Establecimiento de puntos de control:

Es la fase del proceso más imprecisa y con mayor dedicación humana, ya que el resultado final dependerá de la precisión con que se localicen dichos puntos de control. Éstos, deben ser pequeños y estar bien definidos, tanto en el mapa o imagen maestra como en la imagen a corregir, pudiendo ser intersecciones de carreteras o ríos, curvas de éstos, cruces en pistas de aeropuertos, etc. (Richards, 1995). Así, por ejemplo en el entorno de este estudio, aparecen numerosas balsas de riego que son elementos muy fácilmente localizables e inamovibles en el tiempo, por lo que resultan muy adecuados para este fin.

Como elemento maestro para la toma de puntos de control en todas las imágenes, hemos utilizado ortofotografía aérea digital, con 1 metro de resolución espacial. De este modo las imprecisiones en la selección de los puntos maestros se han reducido al máximo.

En cuanto al número de puntos necesario, dependerá principalmente del tamaño y las deformaciones geométricas de la imagen. Necesitaremos mayor número, cuanto más deformada se encuentre. De todos modos, no existe un criterio estable, así para Landsat, Pinilla (1995) recomienda 100 puntos, mientras que Chuvienco and Congalton (1988) utilizan 22 y Pons (2002-comunicación personal) en torno a 18 puntos. Tras repetidas conversaciones con el autor del método utilizado (Palà and Pons, 1995) y basándonos en su experiencia y en la de otros autores que han usado el mismo procedimiento, hemos tomado un número de puntos mínimo, siempre superior al recomendado por este investigador.

ii) Cálculo de las funciones de transformación:

Son las funciones que ponen en relación un valor digital determinado por una fila y una columna de la imagen a corregir, con las coordenadas del mapa o imagen corregida. En nuestro caso se han utilizado polinomios de primer grado, ya que conforme aumentamos este grado, aunque el RMS disminuya, los efectos inesperados, sobre todo cuando nos alejamos de los puntos de control, van aumentando (Palà and Pons, 1995). Siguiendo a estos autores, los polinomios de transformación son:

$$Col_I = A + Bx + Cy$$

$$Fil = A' + B'x + C'y$$

En donde:

Col_i y Fil son la columna y la fila de la imagen a corregir.

x, y las coordenadas correspondientes en el mapa.

A, B, C, A', B' y C' los coeficientes de los polinomios.

Para incorporar el efecto geométrico del relieve, debemos considerar los siguientes elementos:

Como sabemos, Landsat es un sensor de barrido que producirá deformaciones en las columnas, ya que las filas siempre estarán observadas desde el nadir. El desplazamiento sufrido por cualquier punto en una proyección cónica, debido a su altura, es (Figura 13):

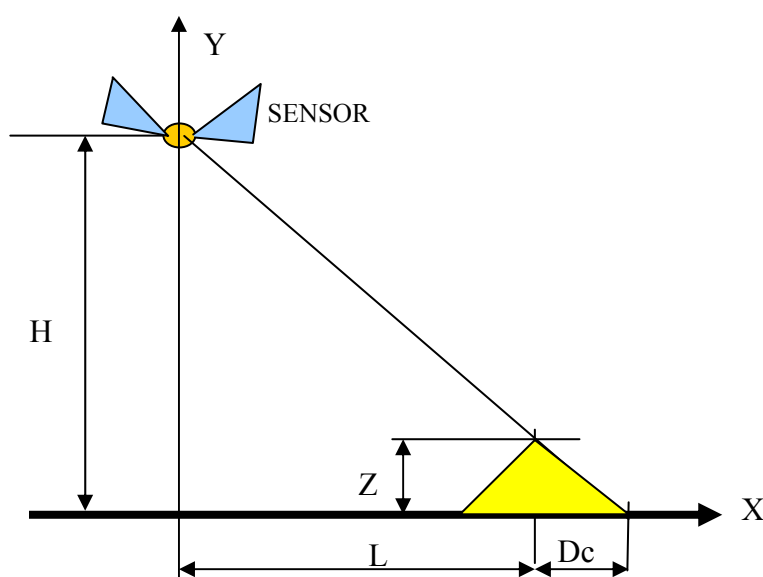


Figura 13: Error de desplazamiento producido por el relieve en una imagen Landsat.

Considerando:

H es la altitud del observador (satélite).

Z la altitud del punto observado.

L la distancia desde el punto observado al nadir.

Dc la magnitud del desplazamiento.

Este desplazamiento en columnas (Dc), será igual a:

$$Dc = L \frac{z}{H - z}$$

La altitud del observador (H) la conocemos puesto que es equivalente a la del satélite, la altitud del punto observado (Z) la podemos extraer de un Modelo Digital de Elevaciones (MDE), y la distancia entre el punto y el nadir (L), podemos calcularla conociendo

previamente, para cada fila de la imagen, la columna en la que el nadir se encuentra situado, de la siguiente forma:

$$Col_n = m + n \cdot Fil$$

Col_n será la columna correspondiente al nadir;
 Fil es la fila en el que nos encontremos;
 m, n los coeficientes de la recta.

De este modo:

$$L = (Col_I - Col_n) \cdot tp$$

Siendo:

L la distancia al nadir
 Col_I la columna que estamos tratando;
 Col_n la columna en que se encuentra el nadir;
 tp el tamaño del píxel (30 m en el caso de Landsat TM/ETM; 15 m en ETM pancro)

Y, finalmente, la posición corregida de la columna será:

$$Col_2 = Col_I + Dc$$

En donde:

Col_2 es la columna corregida;
 Col_I la columna inicialmente obtenida por el polinomio;
 Dc el desplazamiento en columnas calculado.

Un aspecto importante es conocer el error de ajuste de la imagen original a las nuevas coordenadas. El estimador más utilizado es el error medio cuadrático (RMS), que mide la bondad del grado de ajuste por comparación de las coordenadas estimadas de cada punto de control con las coordenadas reales. Su expresión es:

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [(u_i - x_i)^2 + (v_i - y_i)^2]}{n}}$$

Significando:

u_i, v_i , son las coordenadas estimadas en x e y .
 x_i, y_i , son las coordenadas observadas en x e y .

El error medio máximo admisible ha sido fijado en un píxel. Se asegura así una precisión razonable (Chuvieco, 1996) para los objetivos de nuestro proyecto, dado que

necesitaremos superponer tanto escenas adquiridas en diferentes fechas, como diferente cartografía (Tabla 9).

En el *Anexo II* se han incluido todos los puntos de control seleccionados en cada una de las imágenes, así como sus ecuaciones de ajuste, errores unitarios y el RMS.

Fecha	23-07-1991	16-08-1994	11-08-1998	09-09-2000
Sensor	TM	TM	TM	ETM +
Nº puntos control	57	56	39	26
RMS	0,82	0,79	0,82	0,39

Tabla 9: Fecha de adquisición de las imágenes utilizadas, número de puntos de control usado para su ortorrectificación y error medio cuadrático obtenido.

iii) Transferencia de los niveles digitales originales a la posición corregida:

Con las funciones de ajuste vistas en el párrafo anterior, sólo hemos considerado los aspectos geométricos de localización de cada píxel. El siguiente paso consiste en transferir los valores digitales de cada antiguo píxel a su nueva localización en la imagen ya corregida. A este procedimiento se denomina remuestreo y consiste en dar unos valores de niveles digitales a las nuevas posiciones en función de los antiguos valores en las anteriores posiciones, mediante interpolación de estos (Calera, 2000).

Con este propósito, pueden ser usadas tres técnicas:

- Vecino más próximo (*Nearest neighbour resampling*): elige el valor del píxel de la imagen transformada, cuyo centro se encuentra más cercano al centro del píxel de la imagen corregida, transfiriéndolo a la misma (Richards, 1995).
- Interpolación Bilineal (*Bilinear interpolation*): este método, asigna a cada píxel la media ponderada de los cuatro píxeles más cercanos a la imagen transformada (Pinilla, 1995). En este procedimiento se utilizan dos interpolaciones lineales.
- Convolución cúbica (*Cubic convolution interpolation*): es un procedimiento similar al anterior, pero en lugar de utilizar los 4 píxeles más cercanos, toma los 16 vecinos más próximos. Para conseguir el brillo del nuevo píxel, será necesario ajustar polinomios de 5º orden (Richards, 1995).

El método del vecino más próximo es el que menos modifica los valores originales, ya que únicamente asigna al nuevo píxel el valor del nivel digital del píxel más cercano. La desventaja es que este procedimiento introduce discontinuidades geométricas, cambiando notablemente las propiedades de textura de la imagen remuestreada (Figura 14).

El procedimiento de interpolación bilineal proporciona una imagen “suavizada”, sin las discontinuidades del método del vecino más próximo, pero es el método que en mayor

grado modifica la textura de la imagen, especialmente en las áreas donde esta es más fina (Roy and Dikshit, 1994).

Por último, el método de convolución cúbica minimiza el error cuadrático medio entre los niveles de gris originales y los de la imagen remuestreada (Dikshit and Roy, 1996).

El método elegido en nuestro trabajo ha sido el del vecino más próximo, ya que es el más habitual cuando se realice una posterior clasificación y deseamos que los valores originales de los píxeles se modifiquen lo menos posible.

En la figura 14 se muestra esquemáticamente el proceso de interpolación. En ella, mediante un sencillo ejemplo, observamos la apariencia final de una misma imagen corregida por cada uno de los tres métodos.



Figura 14: Resultado final esquemático de una imagen, remuestreada por los distintos métodos.

VI.1.2.2.2.- Cambio de niveles digitales a parámetros físicos. Cálculo de la reflectividad efectiva simplificada. Corrección radiométrica.

Los sensores usados en teledetección, capturan tanto la radiación solar reflejada por las diferentes coberturas de la superficie terrestre, como la emitida por ellas, la difusa de la atmósfera, el reflejo de píxeles vecinos, etc. En este proceso de interacción de la radiación solar con las superficies, será determinante la estructura y composición de la cubierta, parámetro que intentamos caracterizar a partir del análisis de la radiación recogida por el sensor.

El valor físico más importante en la descripción de esa interacción es la reflectividad espectral de la superficie, considerada ésta como la relación entre la energía reflejada y la incidente (Chuvienco, 2002). Generalmente, los elementos de mayor influencia en esa respuesta serán la vegetación, el suelo y el agua. En el caso de la cubierta vegetal, el tipo de hoja, el estado fenológico, el contenido en agua, la orientación, densidad, distribución geométrica y el sombreado, juegan un papel muy importante (Gilabert *et al.*, 1994). A estos factores hay que añadir, lógicamente, la radiación solar incidente.

La conversión de ND en parámetros físicos reduce considerablemente el efecto de la distinta calibración de los sensores y de las diferentes condiciones de iluminación producidas por la variación del ángulo cenital solar con la hora y el día del año, sobre la respuesta espectral de las cubiertas en las fechas de referencia (Robinove, 1982). Por

otro lado, esta transformación permite establecer comparaciones entre las imágenes, con un error mínimo (Price, 1986).

Dicha transformación de niveles digitales a parámetros físicos, se lleva a cabo en dos etapas (Pinilla, 1995): i) conversión de los ND a valores de radiancia espectral de la cubierta, e ii) traducción de esta a parámetros físicos (Reflectividad Efectiva). Finalmente, siguiendo a Pons and Solé-Sugrañes (1994), incluiremos un tercer apartado, iii) corrección radiométrica, en donde la radiometría será modificada para eliminar algunas alteraciones.

i) Paso de nivel digital a radiancia espectral.

En primer lugar, hay que relacionar los valores digitales de cada uno de los píxeles con la radiancia espectral equivalente. Para ello, es necesario emplear los coeficientes de calibración del sensor (Tabla 10 y Tabla 11), aplicando la siguiente expresión:

$$L_{\lambda}^e = a_{0,\lambda} + a_{1,\lambda} ND_{\lambda}$$

En donde:

L_{λ}^e es la radiancia espectral equivalente recibida por el sensor en la banda λ .

$a_{0,\lambda}, a_{1,\lambda}$ los coeficiente de calibrado del sensor en la banda λ .

ND_{λ} el nivel digital de cada píxel en λ .

ii) Transformación de Radiancia espectral a Reflectividad Efectiva.

Por otro lado, sabemos que la radiancia depende de la radiación solar incidente, de la reflectividad de la cubierta, del ángulo con que el sol incide, de la transparencia de la atmósfera para cada longitud de onda y del aporte de la radiancia total por parte de la propia atmósfera (figura 15).

BANDA ESPECTRAL	$E_{s,\lambda}$ ($W m^{-2} \mu m^{-1}$)	COEFICIENTES DE CALIBRADO	
		a_0 ($W m^{-2} \mu m^{-1}$)	a_1 ($W m^{-2} \mu m^{-1}$)
TM1	1957	-1,5	0,6024
TM2	1829	-2,8	1,1749
TM3	1557	-1,2	0,8059
TM4	1047	-1,5	0,8145
TM5	219,3	-0,37	0,1081
TM7	74,52	-0,15	0,0570

Tabla 10: Valores de la irradiancia solar exoatmosférica (Dozier, 1989) y de los coeficientes de calibrado (Markham and Barker, 1987), para las imágenes Landsat TM utilizadas.

BANDA ESPECTRAL	E_s ($W m^{-2} \mu m^{-1}$)	COEFICIENTES DE CALIBRADO	
		a_0 ($W m^{-2} \mu m^{-1}$)	a_1 ($W m^{-2} \mu m^{-1}$)
ETM1	1069	-6.20	0.7757
ETM2	1840	-6.40	0.7957
ETM3	1551	-5.00	0.6192
ETM4	1044	-5.10	0.9655
ETM5	225.7	-1.00	0.1257
ETM7	82.07	-0.35	0.0437

Tabla 11: Valores de la irradiancia solar extraterrestre (www.eurimage.com) y de las constantes de calibrado del ETM+ para cada banda espectral (Fichero de cabecera de la imagen).

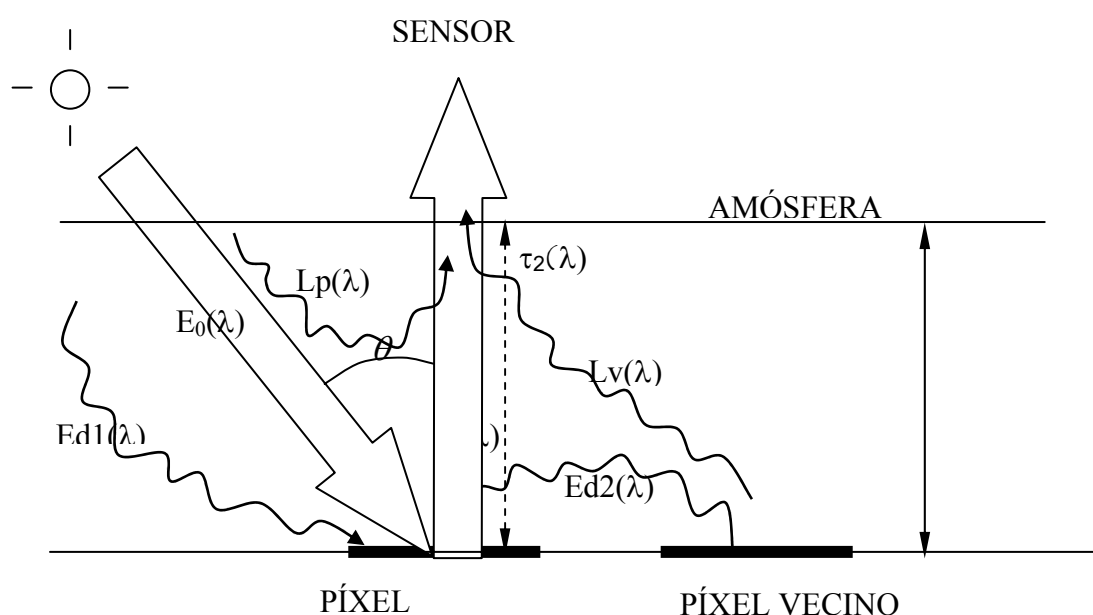


Figura 15: Distintas contribuciones a la radiación que llega al píxel y a la registrada por el sensor (modificado de Richards, 1995): $L_p(\lambda)$: radiancia de recorrido; $R(\lambda)$ es la reflectividad de la superficie en el nivel del suelo; $L_v(\lambda)$: Contribución al sensor de píxeles vecinos; $\tau_2(\lambda)$ transmisividad de la atmósfera en el recorrido del suelo al sensor y en la longitud de onda estimada. $Ed(\lambda)$ 1 y 2, son diferentes componentes de la radiación solar difusa.

Para Schott (1989) y siguiendo a Pons and Solé-Sugrañes (1994), de entre los múltiples factores que afectan a la radiación que llega al sensor, cuatro son los más importantes con diferencia, y contribuyen de forma individualizada a una estimación aproximada de radiancia espectral. Esta aproximación es la siguiente:

$$L_s = \frac{1}{\pi} E_s \tau_0 R \tau_2 + L_d R \tau_2 + \varepsilon L_b \tau_2 + L_u$$

En donde:

L_s es la radiancia espectral recibida por el sensor.

E_s la irradiancia solar en el techo atmosférico.

τ_1 y τ_2 las funciones de transmisión atmosférica en el trayecto Sol-Tierra y Tierra-satélite respectivamente.

R la reflectividad en la superficie terrestre.

L_d es la contribución atmosférica a la radiancia, en su camino descendente.

L_u la contribución atmosférica, en el camino ascendente (cubierta-sensor).

L_b la radiancia espectral de un cuerpo negro ideal la misma temperatura que la superficie y con un coeficiente de emisividad ε .

Es importante comprender que estos parámetros dependen de la banda espectral tratada. Por otro lado, considerando que la emisividad de un cuerpo negro a la temperatura de la superficie es prácticamente cero en las longitudes de onda del visible y del infrarrojo, el factor L_b puede ser obviado. También se asume que la irradiancia directa y difusa que reflejan de los píxeles vecinos, hacia el píxel medido, puede ser despreciada, en primer lugar porque su contribución es pequeña y en segundo porque su estimación, de una forma realista, es muy compleja (Pons and Solé-Sugrañes, 1994).

Tras estas reflexiones, la radiancia en el visible e infrarrojo (no térmico) puede expresarse de la siguiente forma:

$$R = \frac{\pi \frac{L_s - L_u}{\tau_2}}{E_s \tau_1 + \pi L_d}$$

Comprobamos en la fórmula, que la Reflectividad es la relación entre el flujo ascendente reflejado por el objeto en el nivel del suelo con la irradiancia recibida por el objeto, incluyendo la influencia atmosférica.

Pero esto sería cierto si considerásemos al Sol en el cénit, lo que no sucede en nuestras latitudes. Teniendo en cuenta este factor y en una superficie horizontal (figura 16), la fórmula, para cada banda del espectro, la podríamos escribir del siguiente modo:

$$R_{eff} = \frac{F \uparrow (\tau_0)}{\mu_0 E_s e^{-\tau_0 / \mu_0} + \overline{F} \downarrow (\tau_0)}$$

Sabiendo que: R_{eff} es la reflectividad efectiva, $F \uparrow (\tau_0)$ el flujo radiativo ascendente en el techo de la atmósfera, μ_0 el coseno del ángulo formado por el vector solar y la normal a la superficie del terreno - θ - (ver Figura 16), la profundidad óptica atmosférica $\overline{F} \downarrow (\tau_0)$ es la irradiancia media en una superficie horizontal.

Es necesario considerar que $e^{-\tau_0 / \mu_0}$ es equivalente a τ_1 (Pons and Solé-Sugrañes, 1994) cuando la irradiancia espectral extraterrestre es multiplicada por μ_0 , para modular la irradiancia en un ángulo de incidencia no ortogonal.

Puesto que lo que buscamos es la reflectividad espectral lo más cercana posible al objeto observado y el $F^\uparrow(\tau_0)$ es el flujo radiativo ascendente en el techo de la atmósfera, la ecuación debería ser reescrita de la siguiente forma:

$$R_{eff} = \frac{\pi \frac{L_s - L_u}{e^{-\tau_0 / \mu_v}}}{\mu_0 E_s e^{-\tau_0 / \mu_0} + \pi L_d}$$

En donde R_{eff} es la reflectividad efectiva al nivel del suelo, y μ_v el coseno del ángulo cenital solar (z) (Proy and Leprieur, 1985).

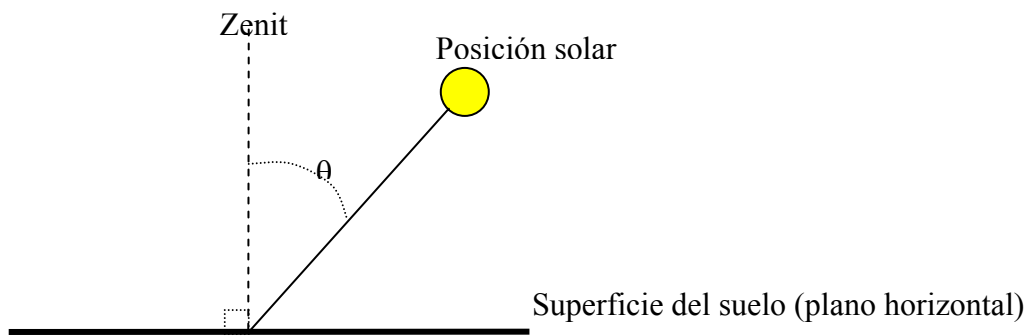


Figura 16: Geometría solar en el plano horizontal.

iii) Corrección radiométrica.

El problema es conocer L_u y L_d . Para Chavez (1975; 1988) puede resolverse conociendo la radiancia de objetos que no reciben radiación directa, con lo que toda la detectada por el sensor procederá de la influencia atmosférica. Si la aportación atmosférica no se considerase o, simplemente, no radiase (Pons and Solé-Sugrañes, 1994), la ecuación pasaría a tener la siguiente expresión:

$$R = \frac{\pi L_o}{\mu_0 E_s e^{-\tau_0 / \mu_0}}$$

En donde L_o será la radiancia del objeto antes de atravesar la atmósfera. Pero puesto que el dato que tenemos es la lectura del sensor y éste está aumentado por la radiancia atmosférica, partiremos de la ecuación inicial, del siguiente modo (siguiendo a los mismos autores):

$$L_s = L_0 \tau_2 + L_d R \tau_2 + L_u$$

y

$$L_o = \frac{L_s - (L_d \tau_2 + L_u)}{\tau_2}$$

Justo en áreas sombreadas, o prácticamente sin radiancia, la recogida por el sensor, equivaldrá a la radiancia atmosférica (L_a):

$$L_a = L_d R \tau_2 + L_u$$

es decir, la parte desconocida de la ecuación anterior, y por tanto ahora podremos escribirla:

$$L_o = \frac{L_s - L_a}{\tau_2} = \frac{L_s - L_a}{e^{-\tau_0 / \mu_0}}$$

La ecuación de la reflectividad, podremos expresarla ahora como:

$$R = \frac{\pi(L_s - L_a)}{\mu_0 E_s e^{-\tau_0 / \mu_0} e^{-\tau_0 / \mu_v}}$$

Los autores del método (Pons and Solé-Sugrañes, 1994) puntualizan que este modelo de corrección no es aplicable a zonas completamente sombreadas, ya que sólo toma en consideración la radiación solar directa.

Finalmente, es interesante introducir el factor de corrección debido a la excentricidad de la órbita terrestre (k) y que afectará a E_s . Con esto, la expresión quedará de la siguiente forma:

$$R = \frac{\pi(L_s - L_a)}{k \mu_0 E_s e^{-\tau_0 / \mu_0} e^{-\tau_0 / \mu_v}}$$

En cuanto al valor de los parámetros:

- k varía entre 0,9666 y 1,0350, dependiendo del día del año. Su valor suele estar tabulado u obtenerse mediante fórmulas (p.e.: Iqbal, 1983 o Yang and Vidal, 1990). En el *Anexo III*, se recoge el procedimiento de cálculo a partir de Iqbal (1983).
- E_s es conocido y está estandarizado, pudiendo conseguirse en cualquier manual de teledetección (p.e.: Pinilla, 1995; Chuvieco, 2002), en ocasiones en la cabecera de las propias imágenes o incluso en la red (p.e.: www.eurimage.com).
- τ_0 habría que calcularlo con medidas *in situ* pero puesto que su valor hará variar muy poco al resultado final (en atmósferas sin nubes ni nieblas), puede tomarse el valor U.S. estándar (Dozier, 1989).
- μ_0 y μ_v coincidirán en el caso de superficies llanas y, para el caso de otras superficies, en el apartado siguiente (corrección del efecto topográfico sobre la radiometría) veremos que se calcula conociendo el lugar, la fecha y la hora de adquisición de la imagen (ver *Anexo III*). En el caso del sensor ETM+, este valor aparece en el fichero de cabecera.

- L_s corresponde a la radiancia detectada por el sensor.
- L_a puede ser estimada a partir de áreas de la imagen, en donde la respuesta debiera ser prácticamente cero (sombras duras o aguas claras) (Pons and Solé-Sugrañes, 1994).

Puesto que para conseguir L_a (radiancia de zonas sombreadas) habremos de supervisar la imagen original, la transformación en radiancias puede realizarse al tiempo que la detectada por el sensor por lo que, de una forma operativa, la expresión final puede quedar del siguiente modo (Pons and Solé-Sugrañes, 1994):

$$R_{efs} = \frac{\pi a_1 (DN - K_l)}{k \mu_0 E_s e^{-\tau_0 / \mu_0} e^{-\tau_0 / \mu_v}}$$

En donde:

DN : es el valor digital proporcionado por la imagen original.

K_l , el valor mínimo (en DN) deducido de la supervisión de la imagen (sombras duras o aguas muy claras).

R_{efs} la reflectividad efectiva simplificada.

Recordemos que a_1 , K_b , E_s y τ_0 dependen de la banda. Para nuestras imágenes, estos valores se encuentran en la Tabla 10, Tabla 11 y Tabla 12.

BANDA TM/ETM+	τ_0	KL 23-07-91	KL 16-08-94	KL 11-08-98	KL 09-09-00
1	0.500	53	46	50	53
2	0.300	18	15	17	32
3	0.250	15	12	10	23
4	0.200	9	8	6	9
5	0.125	2	6	2	8
7	0.075	1	2	1	6
8 (pancromática)	0.235				11

Tabla 12: Valores de la corrección radiométrica: τ_0 se ha tomado de Dozier (1989), los valores de K_l han sido extraídos de cada banda. Las escenas han sido nombradas por su fecha de adquisición (dd-mm-aa).

VI.1.2.2.3.- Corrección del efecto de la topografía sobre la reflectividad.

La respuesta espectral de una misma cobertura, puede verse severamente modificada por la diferente iluminación que recibe en función del relieve. Así, las laderas orientadas hacia el sol, tienen una respuesta mucho más alta que las expuestas a cualquier otra dirección e incluso que las horizontales (Reeder, 2000). Observando las figuras 17 y 18, comprobamos que en una misma superficie, incide mayor cantidad de energía, cuanto

más perpendicular al vector solar se encuentre. Dicho de otro modo, cuando el ángulo de incidencia solar³ sea igual a cero.

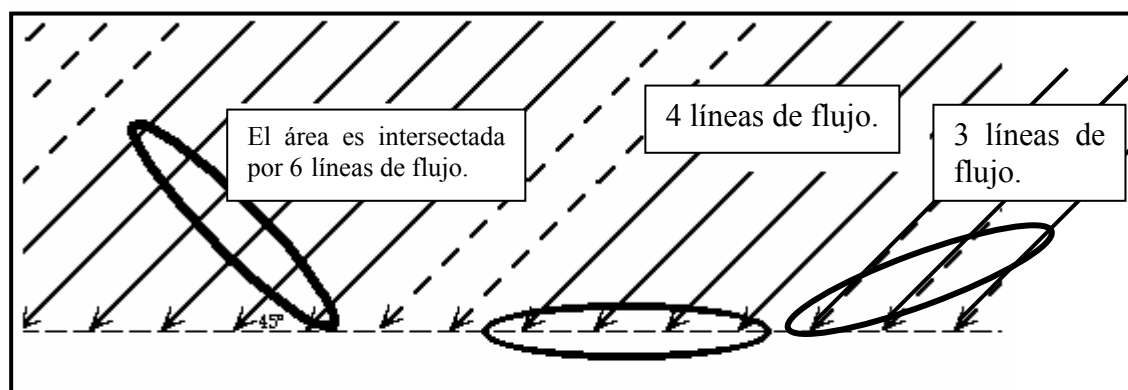


Figura 17: Diferente intercepción del flujo solar por una misma superficie, dependiendo de su perpendicularidad al vector solar (Modificado de Reeder, 2000).

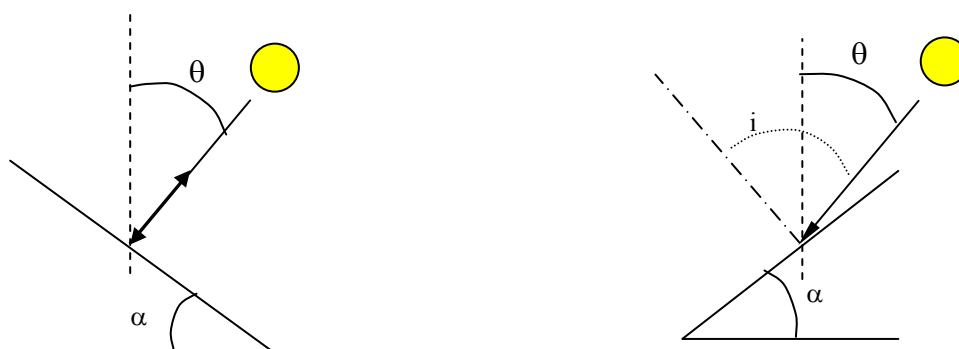


Figura 18: Efecto de la geometría solar y del terreno en la diferente incidencia solar (simplificado al plano). **a)** la elevación solar es de 60° (elevación solar = 90° - ángulo cenital solar (θ)) y la pendiente del terreno (α) es 30°, e “ i ” (ángulo de incidencia solar) = 0: $E = E_s \cdot \cos i \Rightarrow E = E_s$; **b)** Mismas condiciones que en situación anterior, pero en la ladera opuesta: $E = E_s \cdot \cos i \Rightarrow E < E_s$

Por esta razón, en este tipo de entornos, los procesos de identificación y clasificación de imágenes de satélite se ven fuertemente dificultados (Teillet *et al.*, 1982; Felicísimo y García-Manteca, 1989; Felicísimo *et al.*, 1992; Vincini *et al.*, 2002). Como resumen a algunos de los efectos producidos por el relieve topográfico podemos citar (Meyer *et al.*, 1993):

- La anchura óptica depende directamente de la altura.
- Efectos sobre la exposición-sombra en pendientes (figura 19).
- Reflejo directo proveniente de laderas vecinas.

³ El ángulo de incidencia solar (i) es el formado por el vector perpendicular a la superficie y el vector solar.

- La irradiación solar sobre un píxel, está muy influenciada por la geometría sol superficie.

La reflectividad aparente de las cubiertas forestales es muy sensible a la geometría de adquisición, especialmente en el espectro del infrarrojo medio por lo que, para realizar cualquier análisis de este tipo de coberturas, es necesario tener en cuenta la geometría de adquisición (Leprieur *et al.*, 1988), siendo particularmente importante cuando tratamos de detectar pequeños cambios que se producen en la vegetación (Ekstrand, 1996).

Todos estos problemas han sido ampliamente estudiados por diferentes autores (Smith *et al.*, 1980; Teillet *et al.*, 1982; Felicísimo *et al.*, 1992; Ekstrand, 1996; Riaño, 2000; Vincini *et al.*, 2002, etc). La tónica general es que casi todos trabajan sobre coberturas forestales, debido fundamentalmente a que la vegetación natural ha quedado relegada a las zonas montañosas, donde los cultivos agrícolas suelen ser difíciles y poco productivos. En estos trabajos, los autores realizan un amplio repaso de los diferentes métodos existentes, comparándolos a partir de diferentes procedimientos e incluso realizando propuestas de nuevos algoritmos.

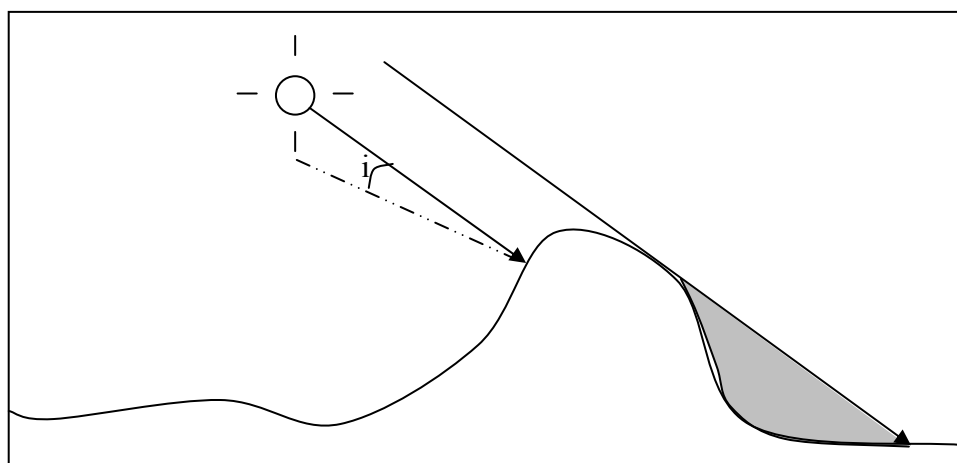


Figura 19: Sombras producidas por la topografía. La respuesta detectada por el sensor de estas cubiertas, procederá de la radiación difusa.

Normalmente los métodos propuestos quedan agrupados en dos bloques en función del tipo de cubierta observada (Smith *et al.*, 1980; Teillet *et al.*, 1982; Ekstrand, 1996; Riaño, 2000; Chuvieco, 2002; Vincini *et al.*, 2002): los que consideran las superficies como lambertianas y los que tienen en cuenta otros efectos.

Se considera a una superficie como lambertiana, o completamente difusora, cuando refleja igual cantidad de energía en todas las direcciones (Sobrino, 2000). Por otro lado, una superficie se comporta como especular, cuando refleja la energía incidente con el mismo ángulo de llegada (figura 20). La mayor parte de los autores citados en el párrafo anterior, comprueban que la vegetación natural se comporta de una forma intermedia a los anteriores modelos, aproximándose más a una o a otra en función de su longitud de onda y del tipo de cubierta observada.

La aplicación de estos métodos no es necesaria en el caso de utilizar ratios, ya que matemáticamente quedarán anulados en las subsiguientes operaciones (Key and Benson, 2004b; Brunby *et al.*, 2001). Los métodos que nosotros vamos a utilizar se basan todos en el estudio de diferencias entre ratios, con lo cual estos procesos quedan fuera de lugar. No obstante, sí hemos tenido en cuenta la influencia de la pendiente y la orientación de cada píxel, a la hora de calcular la radiancia espectral de la cubierta. De esta forma, la fórmula final de cálculo de la radiancia será (Pons and Solé-Sugrañes, 1994):

$$R = \frac{\pi(L_s - L_a)}{\mu_0 E_s e^{-\tau_0 / \mu_0} e^{-\tau_0 / \mu_v}}$$

En donde en este caso μ_0 , es el coseno del ángulo de incidencia solar, definiéndose este ángulo (i), como el que forman el vector solar y el vector perpendicular a la superficie del terreno (ver Figura 18). Este parámetro depende del ángulo cenital solar (θ), de la pendiente del terreno (α), del acimut solar (ϕ_s) y de la orientación del terreno (ϕ_n) en cada píxel. Su valor se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$\mu_0 = \cos \theta \cdot \cos \alpha + \sin \theta \cdot \sin \alpha \cdot \cos (\phi_s - \phi_n)$$

Tanto la pendiente como la orientación del terreno, se extraen de los mapas de pendientes y orientaciones elaborados en el apartado “VI.1.1.3”. Los ángulos cenital y azimutal solar, dependen del lugar donde nos encontremos y de la fecha y hora de adquisición de la imagen. En la Tabla 13 se indican algunos parámetros necesarios, y en el *Anexo III*, se incluyen fórmulas para su cálculo. Generalmente los paquetes informáticos que se utilizan en estos procesos, calculan, automáticamente, el coseno del ángulo de incidencia. Normalmente lo llaman modelo de iluminaciones, *Hillshade image*, etc. Por esta razón, no será necesario calcular, de forma manual, estos parámetros. Basta con tener el MDE y conocer la hora de adquisición de la imagen, o la posición solar.

Por otro lado, aunque este modelo de corrección puede trabajar siempre que el ángulo de incidencia sea menor que 90° , es más realista admitir que con ángulos cercanos a este valor, no puede asumirse un modelo lambertiano. Por ello, a partir de un ángulo de incidencia superior a 73° , no se aplicará el modelo de corrección.

Finalmente, también se ha contemplado la posibilidad de que un píxel pueda estar en sombra, no solo por su pendiente y orientación con respecto al sol, sino por el hecho de que un píxel vecino arroje sombra sobre él. Para ello se calcula un modelo de sombreados usando el MDE, eliminando la respuesta de estos píxeles.

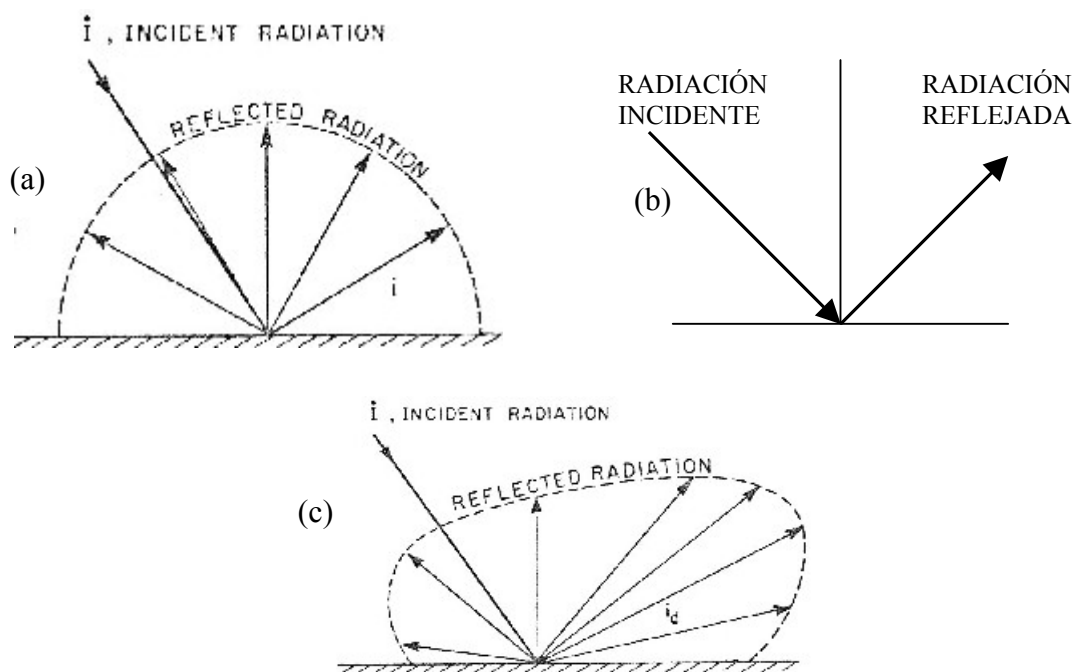


Figura 20: Diferente grado de difusión de la radiación, en función del tipo de superficie (Iqbal, 1983). La figura (a) muestra una superficie lambertiana o perfectamente difusora. La figura (b) es una superficie especular. En (c) se representa una superficie intermedia entre ambas.

FECHA dd.mm.aa	HORA DE ADQUISICIÓN hh:mm:ss	ÁNGULO CENTRAL (θ)	ÁNGULO ACIMUTAL (ϕ_s)
23.07.91	10:07:16	31,62	116,08
16.08.94	10:01:08	36,74	123,07
11.08.98	10:22:02	32,43	129,77
09.09.00	10:34:00	39,14	144,15

Tabla 13: Algunos parámetros solares relacionados con el momento de adquisición de la imagen, y necesarios para el cálculo del ángulo de incidencia solar “ i ”.

VI.1.2.2.4.- Normalización radiométrica.

Para Coppin and Bauer (1996) existen fundamentalmente dos preprocesos básicos para la detección de cambios multitemporales: el corregrado de las imágenes y la calibración radiométrica. Puesto que los métodos que hemos utilizado para calcular la superficie quemada y la severidad del fuego, entrañan una comparación multitemporal de imágenes y, en un caso incluso, la utilización de sensores diferentes, se hace imprescindible su aplicación.

La primera corrección (corregrado de imágenes), ya ha sido tratada en el punto VI.1.2.2.1. En cuanto a la calibración radiométrica, para comprender su necesidad, hay que entender que la respuesta recibida por el sensor frente a una misma cobertura puede variar en el tiempo debido a (Du *et al.*, 2002):

- Cambios en el calibrado del sensor debido al paso del tiempo.
- Diferencias en los ángulos de iluminación y observación.
- Variación en los efectos atmosféricos.
- Cambios en la reflectividad de la cubierta.

Pudiéndose finalmente añadir, en el caso de emplear imágenes adquiridas por sensores diferentes, la falta de homogeneidad en su calibración (Martínez Beltrán *et al.*, 2004).

Pues bien, el objetivo de la normalización es minimizar, en la medida de lo posible, todos estos efectos con excepción de los propios de la cubierta. En principio, algunos ya han sido parcialmente eliminados en apartados anteriores de este punto pero, con esta normalización aseguramos una mejor homogeneización de los datos a comparar.

El proceso (Schott *et al.*, 1989; Hall *et al.*, 1991; Hill and Sturm, 1991; Schott, 1997; Du *et al.*, 2002) se basa en la hipótesis de existencia de zonas en cada imagen en las que, por sus características, la reflectividad permanece constante en el tiempo. A estas se les conoce como áreas pseudoinvariantes. Esto permite, en una primera aproximación, establecer que existe una relación lineal entre las reflectividades aparentes de esas zonas.

La regresión lineal puede efectuarse tomando zonas homogéneas y radiométricamente estables dentro de la misma banda (agua, asfalto, canteras, zonas urbanas,... etc.). Es aconsejable abarcar el mayor rango posible de reflectividades, desde valores poco luminosos hasta los más brillantes. La ecuación es la siguiente:

$$Y = m X + b$$

En donde:

Y , X son las reflectividades de las zonas pseudoinvariantes.

m , b son los coeficientes de la regresión lineal.

El proceso puede llevarse a cabo directamente con los ND de la imagen original (Schott *et al.*, 1989), aunque parece preferible utilizar reflectividades ya que habremos eliminado factores como la diferencia en los ángulos de iluminación o diferente distancia Tierra-Sol (Hill and Sturm, 1991).

Como escena de referencia tomaremos aquella que tenga una menor influencia de la atmósfera. Tras la inspección de los valores digitales de la banda 7, elegimos como escenas de referencia, la correspondiente al 23 julio de 1991 para el primer par de imágenes, y la del 9 de septiembre de 2000, en el segundo par.

Una vez realizada la regresión lineal y aplicados los coeficientes de cada banda, obtendremos un conjunto normalizado de imágenes preparado para ser comparado.

El proceso de localización de estas superficies pseudoinvariantes puede resultar complicado en algunas situaciones, como el caso de escenas de muy pequeño tamaño. En estos casos, autores como Jensen (1983) proponen corregistrar las imágenes y

realizar una regresión lineal entre todos los píxeles de la escena. Por supuesto, esto presupone que en la mayor parte de los píxeles que componen la escena no hay cambios. Por último, Eldvidge *et al.* (1995) plantea un procedimiento semi-automatizado que considera todos los píxeles de una escena, para seleccionar posteriormente aquellos que permanecen invariantes y sobre ellos realizar el ajuste lineal. En nuestro estudio, las zonas han sido localizadas de forma manual, dado el buen conocimiento que teníamos de la casi totalidad del área. Siguiendo a Calera (2000), nos hemos basado en los siguientes criterios:

- Procurar inalterabilidad de la estructura, ausencia de vegetación y composición de la superficie.
- Distribución espacial homogénea sobre la imagen, aunque lo más próxima posible a las áreas de estudio.
- La respuesta espectral de las zonas seleccionadas ha de abarcar el mayor rango de reflectividades, para comprobar de esta forma la linealidad de la relación entre las escenas diferentes.

Apoyándonos en estas premisas, hemos elegido canteras, como niveles altos de reflectividad, agua (embalses y el mar mediterráneo) como muestra de niveles bajos y por último ciudades, en aquellas partes ausentes de vegetación y que no hayan sido modificadas urbanísticamente, como valores de rango medio. En la Tabla 14 se especifica la situación de cada uno de estos puntos. Nótese que los puntos son distintos para ambos pares, ya que las áreas abarcadas son sustancialmente diferentes.

PAR 1991/1994			PAR 1998/2000		
LUGAR	UTM X	UTM Y	LUGAR	UTM X	UTM Y
Mar Mediterráneo	716512	4204564	Embalse Camarillas	619480	4246844
Embalse Fuensanta	569377	4249422	Embalse Fuensanta	569261	4249437
Embalse de Alfonso XII	622567	4230707	Embalse de Loriguilla	627727	4382176
Embalse de la Pedrera	686780	4211094	Embalse del Cenajo	599427	4249102
Cantera Elche de La Sierra	591735	4257540	Cantera Elche de La Sierra	591585	4257612
Cant. sur Albacete	605664	4305962	Cantera Almansa	670967	4303385
Urbano Murcia	664485	4206962	Urbano Almansa	665152	4303817
Urbano Tobarra	614107	4272640	Urbano Albacete	598437	4316637
Urbano Hellín	613310	4263937	Urbano Hellín	613237	4264139
Urbano Alicante	717584	4246964	Urbano Valencia	723612	4372467

Tabla 14: Denominación de las zonas seleccionadas como invariantes, y su situación en coordenadas UTM.

El procedimiento ha consistido en elegir el píxel especificado en la Tabla 14, en las bandas 3, 4 y 7 de ambas escenas, anotando su valor y los de sus 8 vecinos más próximos y calculando posteriormente su valor medio. Con los pares de ambas escenas se ha realizado la correspondiente regresión lineal para cada banda y se han obtenido los

valores recogidos en la Tabla 15, aplicándolos a las escenas del 16 de agosto de 1994 y del 11 de agosto de 1998.

Obsérvese que sólo han sido examinadas y computadas las bandas 3, 4 y 7, puesto que serán las usadas en el proceso de comparación.

Banda	PAR 1991/1994			PAR 1998/2000		
	m	b	R ²	m	b	R ²
3	1,0317	-0,0139	0,9911	0,9978	0,0297	0,9666
4	1,0785	-0,0160	0,9979	1,4212	-0,0128	0,9979
7	1,0843	-0,0066	0,9969	0,9438	0,0481	0,9953

Tabla 15: Valores de los coeficientes de la recta de regresión entre la imagen del 11 de agosto de 1998 y la del 9 de septiembre de 2000. La ecuación de regresión está en la forma $y = mx + b$. R^2 es el coeficiente de correlación lineal, estimado según el método de mínimos cuadrados.

VI.2.- ANÁLISIS DE DATOS.

VI.2.1.- Digitalización de la máscara del incendio. Aplicación.

La confusión que puede aparecer a la hora de clasificar una zona quemada es ciertamente importante. Aparecen zonas con cambios en el tipo de cobertura (vegetal o no), que pueden alterar nuestros resultados finales: cultivos cosechados, quema de rastrojos, nuevas construcciones, etc. Por esta razón, bastantes autores (Tanaka *et al.*, 1983; Chuvieco and Congalton, 1988; Key and Benson, 2004b; etc.) sugieren la digitalización del contorno del incendio, de forma manual y supervisada, apoyándose en información auxiliar, en preclasificaciones, combinaciones en color, etc. De este modo se enmascara el área realmente afectada, aplicándose los subsiguientes procesos a esta zona exclusivamente.

En nuestro caso, se ha digitalizado una máscara alrededor de los tres incendios, apoyándonos en una combinación RGB 743 de las imágenes posteriores a los incendios (figura 21). Se ha dibujado de forma generosa, es decir, sin ajustarse en exceso a los píxeles quemados.

Finalmente, hemos aplicado las máscaras resultantes sobre las bandas necesarias para nuestro trabajo (TM/ETM 7, 4 y 3) y en cada una de las escenas, obteniendo nuevas imágenes en donde sólo tiene valor el área quemada y un ligero contorno a su alrededor.

Figura 21: Combinación RGB 743 con las imágenes preprocesadas, de los incendios de Yeste (superior), Almansa (centro) y Liétor (inferior). Sobre ellos se ha superpuesto la máscara que los aislará del territorio colindante, en los procesos posteriores.

VI.2.2.- Severidad del fuego. Superficie quemada.

Como ya hemos indicado, la severidad del fuego es uno de los pilares en los que se apoya el método propuesto, por lo que su importancia es máxima. Dentro de este apartado, podemos a su vez diferenciar varios puntos que estudiaremos pormenorizadamente: estima de la severidad del fuego en el campo, métodos de predicción de la severidad mediante teledetección, determinación de umbrales de severidad y cálculo de la superficie quemada. De esta forma tenemos:

VI.2.2.1.- Evaluación de la severidad de fuego en el campo.

Como hemos visto en el capítulo V, *Conceptos previos*, la severidad del fuego puede ser medida como “la cantidad de vegetación que sobrevive al paso del incendio” (Ryan and Noste, 1983), y está íntimamente relacionada con la capacidad de regeneración del ecosistema. Como Key and Benson (2004a) entendemos la medida de la severidad del fuego como un parámetro relativo, que nos indica la cantidad de cambio en relación con las condiciones previas de la vegetación, sin tener en cuenta el tipo de comunidad ecológica, localización, etc. Es decir, cuanto ha cambiado la vegetación de una zona con respecto al estado previo. Por tanto, la vegetación previa a la acción del fuego, ha sido considerada en principio de forma indirecta. Aunque sí tenemos en consideración que la pérdida de determinados estratos tiene mayores repercusiones ecológicas que la destrucción de otros. Por ejemplo, la pérdida completa de sotobosque herbáceo, significa un grado mínimo de severidad. La pérdida del estrato arbóreo, supondrá un medio o un alto grado de severidad. Finalmente, debe entenderse que la clasificación en campo se ha considerando desde la perspectiva de la respuesta que podemos obtener con un sensor de alta resolución, como es Landsat TM o ETM. Para sensores de mayor o menor resolución, los parámetros podrían verse ligeramente modificados.

Para finalmente determinar el grado de severidad, hemos partido de las premisas expuestas y nos hemos basado en clasificaciones previamente establecidas por otros investigadores (véase capítulo V, apartado 2), fundiendo indicadores e incorporando aquellos que hemos encontrado, de forma repetida, en nuestros casos de estudio y que a su vez, fueran fácilmente identificables y ayudaran la asignación a uno u otro nivel de severidad. Con todo ello, hemos elaborado una clasificación propia, adaptada al ecosistema en que estamos trabajando, ya que generalmente están desarrolladas para bosques norteamericanos, con estaciones mucho más lluviosas.

En principio, al igual que Viereck *et al.* (1979); Dyrness and Norum (1983); Ryan and Noste (1983); Jakubauskas *et al.* (1990); Turner *et al.* (1999); Michalek *et al.* (2000) hemos establecido tres clases de severidad: “baja”, “media” y “alta”, más el nivel “no quemado”. La descripción de cada una de ellas, ha sido adaptada de algunos de los autores citados y de otros como Key and Benson (2004a) (véase V.2), a las circunstancias de nuestros montes, y considerando una evaluación inmediatamente postincendio. Así, hemos construido una leyenda bastante asequible, operativa y fácil de manejar e interpretar en el campo. Los niveles han sido, por tanto, los siguientes:

No Quemado (Ilustración 4):

- Sin efectos aparentes del paso del fuego sobre la vegetación.

Severidad baja (Ilustración 5):

- Como media, menos del 50% de la cobertura vegetal (cobertura arbórea y sotobosque) afectada⁴.
- Siempre menos del 30% de los árboles (tanto dominantes como codominantes) completamente quemados.
- Pueden encontrarse algunos árboles intactos, sólo con la base del tronco quemada o, el tercio inferior su copa sofocada y, generalmente, muerta.
- Pueden aparecer islas de vegetación sin afectar.
- La cubierta principalmente afectada suele ser la arbustiva y herbácea.

Severidad media (Ilustración 6):

- Entre el 50 y el 90% de promedio de la vegetación ha sido afectada por el fuego.
- Siempre menos del 75% de los pies arbóreos totalmente quemados: la mayor parte de los árboles pequeños están muertos, aunque algunos pueden retener hojas verdes y sobrevivir. Los árboles dominantes pueden tener hasta 2/3 de su copa quemada.
- La mayor parte o la totalidad del sotobosque aparece muerto (aunque pueda tener capacidad de rebrote).
- Aparecen los restos visibles y en pie de la mayor parte de los tallos quemados de las plantas leñosas de porte medio y alto (coscojas, enebros, etc.).

Severidad alta (Ilustración 7):

- Más del 90% de la vegetación que constituye el área aparece totalmente quemada y muerta (aunque pueda tener capacidad de rebrote).
- En ocasiones, los tallos de los matorrales han sido completamente consumidos, apareciendo sólo su base o las partes más inferiores.

⁴ Esto significa que bien las plantas estén quemadas en menos del 50% de su volumen, o que más del 50% de las plantas del área no hayan sido afectadas por el fuego, aunque el resto lo haya sido parcial o totalmente.



Ilustración 4: Parcela 19 de Liétor: no quemada.



Ilustración 5: Parcela 25 de Liétor: severidad baja.



Ilustración 6: Parcela 26 de Liétor: severidad media.



Ilustración 7: Parcela 3 de Almansa: severidad alta.

VI.2.2.2.- Estimación de la severidad del fuego mediante teledetección. Métodos.

Como paso previo a la determinación de la severidad con que el fuego ha afectado a la vegetación, parece obvio pensar que es necesario conocer cual es la superficie que se ha quemado. Sin embargo, en nuestro caso hemos optado por realizar ambos procesos conjuntamente. Para ello, se han comparado varios métodos que evalúan la severidad; agrupando todo aquello obtenido en cualquiera de las severidades, obtendremos la superficie total quemada.

Hemos examinado varios métodos comúnmente utilizados. En algunos casos, han sido estudiados con variaciones que, *a priori*, podrían resultar interesantes. Todos ellos se basan en la combinación de bandas espectrales. Hemos intentado que la sencillez sea premisa en nuestro trabajo, ya que se peca de huir de lo fácil por buscar mejores resultados y el esfuerzo, en muchas ocasiones, no acompaña a una mejoría significativa de los resultados.

Los métodos estudiados han sido los siguientes:

- Diferencia Normalizada de NDVI (Normalized Difference Vegetation Index).
- Diferencia de NDVI.
- Diferencia de NDVI/NDVI preincendio.
- Diferencia de NBR (Normalized Burnt Ratio).
- Diferencia Normalizada de NBR.
- Diferencia de NBR/NBR preincendio.

Como observamos, todos se basan en el uso de dos índices: el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI, *Normalized Difference Vegetation Index*) y en el *Normalized Burnt Ratio* (NBR):

El NDVI, fue sugerido por Rouse *et al.* (1973) y es probablemente el índice más ampliamente utilizado en teledetección (Ustin *et al.*, 1998), quedando definido por la siguiente expresión:

$$NDVI = \frac{R_{IRp(b4)} - R_{R(b3)}}{R_{IRp(b4)} + R_{R(b3)}}$$

En donde:

$R_{IRp(b4)}$ es la reflectividad en la banda del infrarrojo próximo (banda 4 de Landsat).

$R_{R(b3)}$ la reflectividad correspondiente al canal del rojo (banda 3 de Landsat).

Básicamente, este índice se apoya en el comportamiento diferencial que presenta la vegetación activa en esas bandas, con respecto a otras coberturas. Como se puede observar en la figura 22, en la banda del rojo (banda 3) los pigmentos de la hoja absorben la mayor parte de la luz que reciben, mientras que en el infrarrojo próximo (banda 4), la energía es mayoritariamente reflejada, con lo que la respuesta en la imagen será muy alta. El gran contraste al que da lugar, hace factible separar la vegetación frente a otros tipos de superficie. Por otro, lado la vegetación cambia el comportamiento

espectral, tanto cualitativa como cuantitativamente, según su estado sanitario. La reflectividad de las hojas quemadas muestra un incremento del 5-8% en longitudes de onda corta (hasta 0,72 μm), y un descenso del 5-10% en longitudes de onda más larga (infrarrojo próximo, IRp) (Tanaka *et al.*, 1983). De esta forma, la curva espectral de los bosques quemados tiende a ser más horizontal y más aplanada.

Las razones de este comportamiento espectral y sus variaciones en las diferentes cubiertas, trasciende a este trabajo, pero se encuentran desarrolladas en algunos textos interesantes como: Lillesand and Kiefer (1994), Jensen (2000) o Chuvieco (2002).

Los valores del NDVI son adimensionales y oscilan entre -1 y $+1$. Son negativos, como se observa en la figura solo para el agua. Los valores positivos serán tanto mayores cuanto más activa esté la vegetación y mayor proporción de suelo cubierto encontremos.

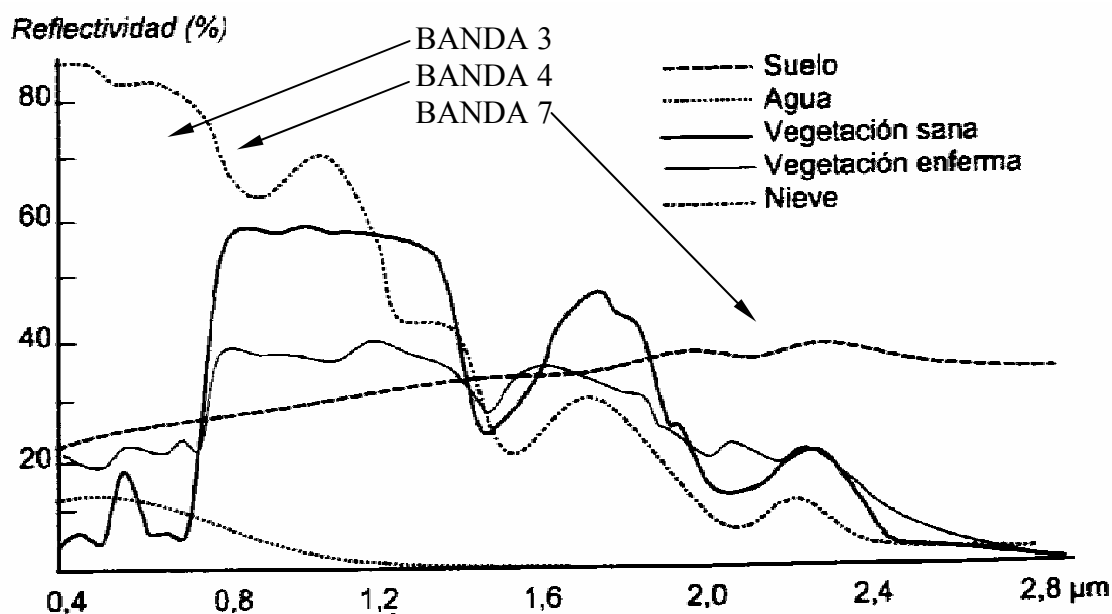


Figura 22: Signatura espectral típica de distintos tipos de superficies. Se incluye el fragmento adquirido por las bandas 3, 4 y 7 (de izquierda a derecha) de Landsat (modificada de Chuvieco, 1996).

El NDVI, en comparación con otros índices, se ha probado como el mejor detector de cambios en la vegetación, mostrando asimismo buenos comportamientos con respecto a las posibles influencias de la topografía (Lyon *et al.*, 1998). Carlson and Ripley (1997) o Calera *et al.*, 2001, indican que está fuertemente relacionado con la cobertura vegetal verde, considerando a ésta como la proporción de suelo enmascarada por las plantas (Cihlar *et al.*, 1987). Tras estas consideraciones, el NDVI debería ser un buen indicador de las alteraciones producidas por los incendios forestales, cuando se utilizan datos multitemporales.

El NBR (*Normalized Burn Ratio*) fue propuesto por Key and Benson (2000b), como herramienta para discriminar zonas quemadas. Constructivamente es muy semejante al

NDVI, diferenciándose en la utilización de la banda 7 de Landsat (infrarrojo medio), en lugar de la 3 (rojo). Su expresión es la siguiente:

$$NBR = \frac{\rho_{IRp(b4)} - \rho_{IRm(b7)}}{\rho_{IRp(b4)} + \rho_{IRm(b7)}}$$

En donde:

$\rho_{IRp(b4)}$ es la reflectividad en la banda del infrarrojo próximo (banda 4 de Landsat).

$\rho_{IRm(b7)}$ la correspondiente al infrarrojo medio (banda 7 de Landsat).

Los valores del NBR también son adimensionales y oscilan entre -1 y $+1$, aunque el autor sugiere multiplicarlos por 1000, reescalado que facilitará la división en clases de severidad.

Al igual que en el caso anterior, el índice se apoya en el comportamiento de la vegetación con respecto al espectro electromagnético (Figura 22). Así, la banda 4 observa mayores valores cuanto más alta es la cobertura vegetal activa. Por el contrario, la banda 7 tiene valores bajos en este tipo de coberturas, en suelos húmedos y en nieve, aumentando conforme se eleva la proporción de suelo desnudo. Con ello se obtendrán valores positivos en zonas con vegetación activa, cero o próximos a cero, cuando la vegetación no está activa, sobre nubes, suelos secos, etc. y, finalmente, valores negativos cuando encontramos plantas sometidas a estrés hídrico y en zonas incendiadas (Key and Benson, 2004b).

Dada la reciente descripción de este índice, todavía no está suficientemente extendido y estudiado, siendo poca la literatura científica que, hasta el momento, hayamos encontrado que lo aplique (Bertolette and Spotskey, 2001). Pero ya aparece como ratio base para la detección de severidad de fuego en varios proyectos de gran relevancia en EE.UU. Destacamos: BAER (*Burned Area Emergency Rehabilitation*) (Bobbe *et al.*, 2001b; Parsons and Olermann, 2002) y FIREMON (*Fire Effects Monitoring*) (Key and Benson 2004a,b).

Para sus autores (Key and Benson, 2004b), aparecen en esta ratio algunas ventajas para hacerlo óptimo en zonas quemadas:

- Los exámenes indican que las bandas usadas muestran la señal más fuerte: ρ_{b7} incrementaba mientras ρ_{b4} decrecía en mayor medida después del fuego.
- En las pruebas realizadas, el NBR tiene la correlación más alta con respecto a la severidad detectada en el campo y es más robusto que el NDVI en la estación de crecimiento tardía.
- Los cambios en el NBR son mayores y su rango más alto, con lo cual es más sencilla la estratificación de severidades.
- Tiene mejor contraste y distinción entre zonas quemadas/no quemadas.

La decisión de aplicar esta ratio sobre nuestros incendios, se debe a que ha sido desarrollada específicamente para la determinación de la severidad de los mismo. Por

otro lado, tras diversos contactos con su autor, manifestó gran interés por conocer el comportamiento del NBR en otros tipos de ecosistemas, como los mediterráneos, en donde hasta la fecha no había sido probado. Su interés, por tanto, es muy elevado, ya que supone un avance en el conocimiento real de su posible aplicación en nuestros entornos. Por último, hay que considerar que en los ensayos que el autor y sus colaboradores han realizado, su comportamiento es mejor en la evaluación extendida de la severidad de fuego, es decir, utilizando imágenes pasada una estación de crecimiento después del incendio. En nuestro caso, esto no es posible ya que lo que pretendemos es encontrar un método que funcione operativamente de manera lo más inmediatamente posible tras el fuego. Así, podremos actuar forestalmente antes de que se produzcan las lluvias y arrastren gran parte del suelo útil y de los nutrientes procedentes de las cenizas, como demuestran la mayor parte de los estudios (Robichaud, 2000; Andreu *et al.*, 2001; Cerdà, 2001; etc.) y de que se generen graves riesgos para poblaciones, bienes, medio ambiente, etc.

Obsérvese que ambos índices coinciden, acertadamente, en el uso de la banda del infrarrojo próximo (banda 4 de Landsat), cuya reflectividad en la vegetación, según un buen número de investigadores (Isaacson *et al.*, 1981; Tanaka *et al.*, 1983; Milne, 1986; Jakubauskas *et al.*, 1990), se reduce en relación a la intensidad del incendio, de ahí que esta región del espectro sea idónea para delimitar el área quemada y analizar los niveles de severidad del fuego.

A continuación hacemos una breve exposición de cada uno de los métodos anteriormente expuestos. Es de destacar que sus valores siempre son adimensionales, por lo que hablaremos en términos de variación en unidades o puntos. De este modo tenemos:

VI.2.2.2.1.- Diferencia de NDVI.

La diferencia del NDVI es uno de los métodos más empleados, no solo para clasificar la severidad del fuego en el ecosistema, sino para la detección de cambios en las superficies vegetadas (Nelson, 1982; Singh, 1989; Sader and Winne, 1992; White *et al.*, 1996; Bertolette and Spotskey, 2001; Shakesby *et al.*, 2003). Consiste en la generación de Índices de Vegetación Normalizados (NDVI) antes y después del fuego, sustrayéndolos posteriormente. Con ello obtenemos una nueva imagen que muestra los incrementos o decrementos sufridos en este índice. Su expresión es la siguiente:

$$D = (NDVI_{PREINCENDIO} - NDVI_{POSTINCENDIO})100$$

En donde:

D: valor de la diferencia.

NDVI_{PREINCENDIO}: Índice de Vegetación Normalizado de la imagen previa al incendio.

NDVI_{POSTINCENDIO}: Índice de Vegetación Normalizado de la imagen posterior al incendio.

Como se observa, los valores se han multiplicados por 100, para facilitar su análisis, al tiempo que la imagen puede convertirse en tipo *Byte*, lo que conllevará un menor volumen físico del archivo en el disco. Los resultados pueden clasificarse en tres grupos elementales:

- a) Valores negativos: correspondientes a aquellas áreas en donde el NDVI postincendio es mayor que el previo al fuego. Esto puede significar que la vegetación verde se encuentra más vigorosa o que la cobertura verde muestra un incremento substancial con respecto al suelo expuesto en la imagen previa.
- b) Cero y valores positivos de baja magnitud: en este caso los NDVI de ambas imágenes apenas han variado, lo que pueden asociarse a zonas en donde la vegetación no ha cambiado sustancialmente, o la cobertura ha disminuido ligeramente.
- c) Valores positivos de alta magnitud: en este caso, el NDVI de la imagen posterior al fuego es mucho menor que el calculado en la imagen previa. Corresponderá a las áreas que han experimentado un descenso radical en su cobertura vegetal verde. En este grupo encontraremos a los píxeles quemados.

VI.2.2.2.2.- Diferencia Normalizada de NDVI.

En lo respectivo a esta ratio, si no consideramos algunos ensayos que hemos realizado y publicado (Ruiz-Gallardo *et al.*, 1997, 2004a,b), la única referencia que hemos hallada es la de Coppin and Bauer (1994). Estos autores la utilizan como indicador de cambios en cubiertas forestales, pero usando otro índice de vegetación diferente al NDVI. Consiste, al igual que en el caso anterior, en la generación del NDVI antes y después del fuego, restando sus valores y dividiéndolos por su suma. Con ello conseguimos no solo ver la magnitud del cambio, sino también el valor relativo del mismo. Su expresión es la siguiente:

$$D = \left[\frac{(NDVI_{PREINCENDIO} - NDVI_{POSTINCENDIO})}{(NDVI_{PREINCENDIO} + NDVI_{POSTINCENDIO})} \right] \cdot 100$$

En donde al igual que anteriormente:

D: valor de la diferencia normalizada.

NDVI_{PREINCENDIO}: Índice de Vegetación Normalizado de la imagen previa al incendio.

NDVI_{POSTINCENDIO}: Índice de Vegetación Normalizado de la imagen posterior al incendio.

De la misma forma que en el caso anterior, los valores son multiplicados por 100, para facilitar su análisis y reducir su volumen físico en disco. Los resultados pueden clasificarse en los mismos grupos elementales explicados previamente, diferenciándose únicamente en los valores umbral para cada nivel de severidad.

VI.2.2.2.3.- Diferencia de NDVI/NDVI_{PREINCENDIO}

El método consiste en, una vez obtenidos los valores del NDVI, en las imágenes previa y posterior al fuego, restarlos y dividirlos por el NDVI previo. De esta forma obtenemos el porcentaje de cambio en la cubierta vegetal, hasta el límite de saturación. En este caso, no tenemos conocimiento de ninguna referencia escrita en lo respectivo a la aplicación de esta ratio. Su expresión es la siguiente:

$$D = \left[\frac{(NDVI_{PREINCENDIO} - NDVI_{POSTINCENDIO})}{NDVI_{PREINCENDIO}} \right] \cdot 100$$

Los parámetros utilizados coinciden con los dos anteriores:

D : valor de la diferencia normalizada.

$NDVI_{PREINCENDIO}$: Índice de Vegetación Normalizado de la imagen previa al incendio.

$NDVI_{POSTINCENDIO}$: Índice de Vegetación Normalizado posterior al incendio.

Tal y como venimos haciendo en los procedimientos anteriores, la imagen resultante se multiplica por 100, hallando valores negativos, cero y positivos (véase apartado VI.2.2.1.1).

VI.2.2.2.4.- Diferencia de NBR (Normalized Burn Ratio, ΔNBR).

Como hemos tratado previamente, tanto esta ratio (NBR), como su diferencia, fueron propuestas y desarrolladas por Key and Benson (2004a). Están especialmente indicadas cuando se utiliza en el campo el CBI, *Composite Burn Index* (Key and Benson, 2004b) para la determinación de la severidad del fuego. El proceso se basa en la construcción de la ratio (NBR) en las escenas previa y posterior al incendio, sustrayéndolas posteriormente. El resultado será una nueva imagen en donde se encontrarán valores de magnitud tanto superior, cuanto mayor sea el cambio que han sufrido. Recordemos que NBR obtiene valores negativos con el estrés de la vegetación, con lo que se adicionará al valor de la imagen previa, y se restará en la vegetación sana. Su expresión es la siguiente:

$$\Delta NBR = (NBR_{PREINCENDIO} - NBR_{POSTINCENDIO})$$

En donde:

ΔNBR : valor de la diferencia.

$NBR_{PREINCENDIO}$: *Normalized Burn ratio* de la imagen previa al incendio.

$NBR_{POSTINCENDIO}$: *Normalized Burn ratio* de la imagen posterior al incendio.

Asumiendo que las imágenes han sido tomadas en época similar, con lo que la vegetación se encontrará en un estado fenológico parecido, y que ambas están corregistradas, ΔNBR tomará valores próximos a cero en zonas sin variaciones; valores

altos positivos y negativos en las zonas quemadas, dependiendo del clima y de la zona quemada (Key and Benson, 2004b). De una forma más profunda:

- Valores negativos: indican un $NBR_{POSTINCENDIO}$ mayor que el $NBR_{PREINCENDIO}$. Suele ocurrir en el caso de incendios cuya imagen posterior al fuego, proceda de una época precedida de lluvias, que han producido una gran emergencia de plantas efímeras y oportunistas, dando respuestas superiores a las de la masa forestal primitiva. Este caso no existe en nuestro estudio, ya que todas las imágenes han sido adquiridas poco tiempo tras el fuego y no se habían producido lluvias. Según el autor, estos valores suelen encontrarse entre -500 y -150 .
- Cero y valores próximos a cero: el rango entre -100 y $+100$ está ocupado por la zona que ha sufrido cambios mínimos a lo largo del periodo entre imágenes. Puede considerarse como la zona no afectada por el fuego.
- Valores positivos aparecen cuando $NBR_{POSTINCENDIO}$ es negativo. Puede resultar del efecto de las nubes o de las áreas incendiadas. Suele ocupar un rango entre 100 y 1350 . La presencia de nubes, en general, proporciona valores superiores a este rango.

VI.2.2.2.5.- Diferencia Normalizada de NBR (ΔNBR).

Siguiendo la misma sistemática que en los casos del NDVI, probamos a normalizar la diferencia de NBR, de la forma:

$$\Delta NBR = \left[\frac{(NBR_{PREINCENDIO} - NBR_{POSTINCENDIO})}{(NBR_{PREINCENDIO} + NBR_{POSTINCENDIO})} \right]$$

En donde, de forma similar al caso anterior, tenemos que:

ΔNBR : valor de la diferencia normalizada.

$NBR_{PREINCENDIO}$: *Normalized Burn ratio* de la imagen previa al incendio.

$NBR_{POSTINCENDIO}$: *Normalized Burn Ratio* de la imagen posterior al incendio.

Aquí, la interpretación de los resultados resulta algo más complicada que en el caso anterior, ya que además de la mayor casuística, no existe literatura escrita sobre los probables valores a encontrar y su relación con la severidad del fuego. En los incendios en los que hemos aplicado esta ratio encontramos:

- Valores negativos de valor alto: aparecen cuando el $NBR_{POSTINCENDIO}$ tiene valores negativos y de magnitud (módulo) superior al $NBR_{PREINCENDIO}$. El rango de valores obtenido en nuestros casos de estudio, se presenta en el capítulo de resultados.
- Valores próximos a cero: en este rango concurren los píxeles que no han sido afectados por el fuego.
- Valores positivos: aparecen, al igual que en el caso “a”, cuando el $NBR_{POSTINCENDIO}$ es negativo y de menor magnitud (módulo) que el

$NBR_{PREINCENDIO}$. Puede resultar del efecto de las nubes o de las áreas incendiadas. El rango de valores obtenido en los casos hemos estudiado.

VI.2.2.2.6.- Diferencia de $NBR/NBR_{PREINCENDIO}$.

Finalmente, y al igual que en los procedimientos que utilizan el NDVI, aplicamos la diferencia de NBR, dividida por el NBR correspondiente a la imagen previa al fuego. No tenemos constancia de la aplicación de esta fórmula para la detección de la severidad del fuego. Su expresión es la siguiente:

$$D = \left[\frac{(NBR_{PREINCENDIO} - NBR_{POSTINCENDIO})}{NBR_{PREINCENDIO}} \right]$$

Los parámetro utilizados coinciden prácticamente con los anteriores:

D : valor de la diferencia normalizada;

$NBR_{PREINCENDIO}$: Índice de Vegetación Normalizado de la imagen previa al incendio.

$NBR_{POSTINCENDIO}$: Índice de Vegetación Normalizado de la imagen posterior al incendio.

Los valores resultantes son similares a los del ΔNBR , considerando que las imágenes son próximas a la extinción del fuego y que no ha habido lluvia ni regeneración entre el fuego y la adquisición de la imagen:

- Valores negativos: indican un $NBR_{POSTINCENDIO}$ mayor que el $NBR_{PREINCENDIO}$. En algunos casos, también a zonas en donde el NBR previo al fuego es negativo (suelos completamente desnudos, roquedos, etc.).
- Cero y valores próximos a cero: aparecen en este rango las áreas que han sufrido cambios mínimos a lo largo del periodo entre imágenes. Puede considerarse como la zona no afectada por el fuego.
- Valores positivos y de magnitud importante: aparecen cuando $NBR_{POSTINCENDIO}$ es negativo como ocurre en las áreas incendiadas.

VI.2.2.2.7.- Umbrales.

Los resultados de los anteriores procesos proporcionan rangos continuos de valores, que nos sirven directamente para clasificar la severidad del fuego. Para establecer los umbrales que marcarán de una forma aproximada el límite entre niveles (severidad baja, media y alta), hemos seguido los siguientes procedimientos:

En el caso de Yeste, el primero de los incendios estudiados, en noviembre-diciembre de 1995, se localizaron sobre el terreno afectado, de forma aleatoria, nueve parcelas, que representaban a los tres niveles de severidad de fuego (tres parcelas de nivel bajo, tres medio y tres alto). Al mismo tiempo, otras tres parcelas no quemadas fueron delimitadas para conocer su respuesta espectral. Con los valores que se obtuvieron en el método de diferencia normalizada de NDVI en estos puntos, se generó un primer mapa de

severidad de fuego, sobre el cual se seleccionaron otras 79 parcelas de forma aleatoria, que, posteriormente se comprobarían en campo y sobre fotografía aérea, tal y como se explicará en el apartado correspondiente a trabajo de campo. Examinados todos los puntos, se reajustaron los umbrales iniciales, de modo que se ciñesen mejor a la realidad encontrada sobre el terreno (Parsons and Olermann, 2002; Key and Benson, 2004b)

En los dos incendios restantes, Almansa y Liétor, se elaboró un primer mapa de severidades basándonos en los umbrales establecidos en el incendio de Yeste. Sobre estos se localizaron 32 parcelas, en el incendio de Liétor, y 41 + 28 (ya que se elaboró en dos fases) en el de Almansa. Una vez examinadas en el campo, se reajustaron los valores finales para cada intervalo de severidad.

VI.2.2.2.8.- Superficie afectada por el fuego.

Una vez determinado el umbral quemado-no quemado en cada uno de los métodos expuestos, el cálculo de la superficie afectada por el fuego es inmediato: es la suma de las superficies correspondientes a los tres niveles de severidad predefinidos.

De entre los métodos estudiados, seleccionaremos el que mejores resultados obtenga en la matriz de acuerdo teledetección/campo (ver punto VI.4).

VI.2.3.- Interrelación de capas de información. Cruce de mapas.

Hasta el momento hemos obtenido, por un lado, capas procedentes del tratamiento de la altimetría (mapas de pendientes y orientaciones), y por otro, la capa de severidad de fuego, producto del análisis de las imágenes de satélite. Puesto que todas pertenecen a la misma área geográfica, podemos cruzarlas obteniendo los mapas de pendientes y orientaciones exclusivamente del área determinada como quemada. Asimismo, puede estudiarse la posible relación de la severidad del fuego con estos parámetros geomorfológicos.

El proceso se ha iniciado, agrupando en intervalos los valores tanto del mapa de pendientes, como del de orientaciones. De esta forma evitamos los valores continuos, y facilitamos el análisis. Los rangos han sido los siguientes:

Mapa de pendientes:

Se han establecidos tres clases (siguiendo a Bibby and Mackney, 1969):

- Clase 1: **pendiente alta**: áreas con pendiente mayor a 15° (27%), con escorrentía superficial muy rápida y serio potencial de erosión hídrica.
- Clase 2: **pendiente media**: áreas con pendiente mayor a 7° y menor o igual a 15° (13-27%), con escorrentía superficial rápida y erosión variable dependiendo de la litología.

- Clase 3: **pendiente baja**: la pendiente es ligera o moderada (0-7°; 0-13%, ambos valores límite incluidos), en donde la escorrentía es lenta y la erosión depende de la susceptibilidad del suelo.

Mapa de orientaciones:

La mayor parte de los autores consultados, coinciden en que para describir la influencia de este parámetro, tanto sobre el comportamiento de la vegetación (Herranz *et al.*, 1991a, De las Heras *et al.*, 1995), como sobre las características del suelo ante los procesos erosivos (Cerdà *et al.*, 1995; Cerdà, 1998a; Andreu *et al.*, 2001; Pierson *et al.*, 2001b, 2002), pueden considerarse dos clases:

- Clase 1: **umbría** (norte): norte, noreste, noroeste.
- Clase 2: **solana** (sur): sur, sureste, suroeste.

Operativamente, trazando una línea imaginaria en la dirección este-oeste, la porción de territorio recogida al norte de la línea se considerará como **umbría**, la que queda al sur como **solana**.

Las zonas llanas han sido adjudicadas a la clase solana, ya que sus condiciones climáticas se aproximan más a las de esta exposición (Vélez, 1982).

Seguidamente, el mapa de severidad de fuego, en donde aparecen exclusivamente aquellos píxeles detectados como quemados, se cruza con los mapas clasificados de pendientes y orientaciones. Los nuevos mapas resultantes contendrán la pendiente y la orientación, únicamente, de la superficie quemada, consiguiendo con ello conocer, entre otros, los siguientes resultados:

- La proporción de superficie quemada en solana y umbría.
- La proporción de superficie en cada nivel de pendiente.
- La proporción de solana y umbría quemada en cada grado de severidad de fuego.
- La proporción de cada clase de pendiente, con respecto al nivel de severidad del fuego.

VI.3.- GENERALIZACIÓN. ELABORACIÓN DE HIPÓTESIS.

VI.3.1.- Propuesta de matrices de combinación. Extracción del mapa de Prioridad de Actuación Postincendio

Una vez determinados los parámetros en los que se apoya nuestra hipótesis de trabajo (severidad del fuego, pendiente y orientación del área quemada), queda por definir la forma en la que se combinarán, y el peso asignado a cada nivel.

En cuanto a la forma, se ha adoptado la decisión de utilizar matrices de doble entrada, combinando los mapas dos a dos. El peso de cada factor ha sido establecido dependiendo de su influencia teórica en el proceso, y de los resultados obtenidos en campo. El procedimiento ha sido el siguiente:

1) En primer lugar, hemos cruzado el mapa de pendientes y de orientaciones utilizando una matriz de doble entrada (Tabla 16), obteniendo un nuevo mapa con 4 valores (Figura 23), tanto más altos cuanto mayor es la dificultad de regeneración natural o el riesgo de erosión mayor.

ORIENTACIÓN	PENDIENTE		
	BAJA (0-7°)	MEDIA (8-15°)	ALTA (>15°)
UMBRÍA (Norte)	1	2	3
SOLANA (Sur)	2	3	4

Tabla 16: Matriz de doble entrada orientación/pendiente, donde los valores más altos se asocian a áreas de mayor riesgo de erosión, mayor dificultad de regeneración o mayor Prioridad *inicial* de Actuación Postincendio.

Los valores han sido seleccionados considerando que:

a) Las condiciones de solana son más austeras, y:

- Dificultan la regeneración natural, supervivencia y desarrollo de la vegetación (Hanes and Jones, 1967; Herranz *et al.*, 1991a; De las Heras *et al.*, 1991, 1993; Cerdà *et al.*, 1995; Martínez-Sánchez *et al.*, 1999).
- Las características del suelo en solana (cohesión, compactación, capacidad de infiltración, etc) son tales que favorecen la escorrentía superficial y la erosión (Cerdà *et al.*, 1995; Cerdà, 1998a; Andreu *et al.*, 2001; Pierson *et al.*, 2001b, 2002).

b) Conforme se incrementa la pendiente:

- La regeneración y supervivencia de plántulas, producto de la germinación de semillas, se ve entorpecida debido al arrastre producido por la escorrentía

superficial y a la erosión (Cerdà and García Fayos, 1997; García-Fayos and Cerdà, 1997; García-Fayos *et al.*, 1995, 2001).

- El suelo será más fácilmente erosionable conforme se incrementa la pendiente de la ladera (Wischmeier and Smith, 1958; Munn *et al.*, 1973; MOPT, 1992; Cerdà and García-Fayos, 1997).

Como comprobamos en la Tabla 16, donde confluyen los parámetros más austeros, pendiente **alta** y **solana**, encontramos el índice más alto, asociado a una mayor necesidad *inicial* de actuación forestal postincendio. Por el contrario, en donde aparecen las condiciones más benévolas, pendiente **baja** y orientación a **umbría**, el índice de la tabla es el menor. Los casos intermedios se han determinado interpolando los extremos y considerando los razonamientos de los puntos a y b. Así, por ejemplo, se ha estimado que la necesidad de actuación, o el peligro de erosión, o la capacidad de recuperación del medio, es similar en una zona con pendiente **baja** en **solana**, que en una con **pendiente media** en **umbría** (nivel 2). De igual modo, una **umbría** con pendiente **alta**, tendrá el mismo valor en la tabla que una **solana** en pendiente **media**.

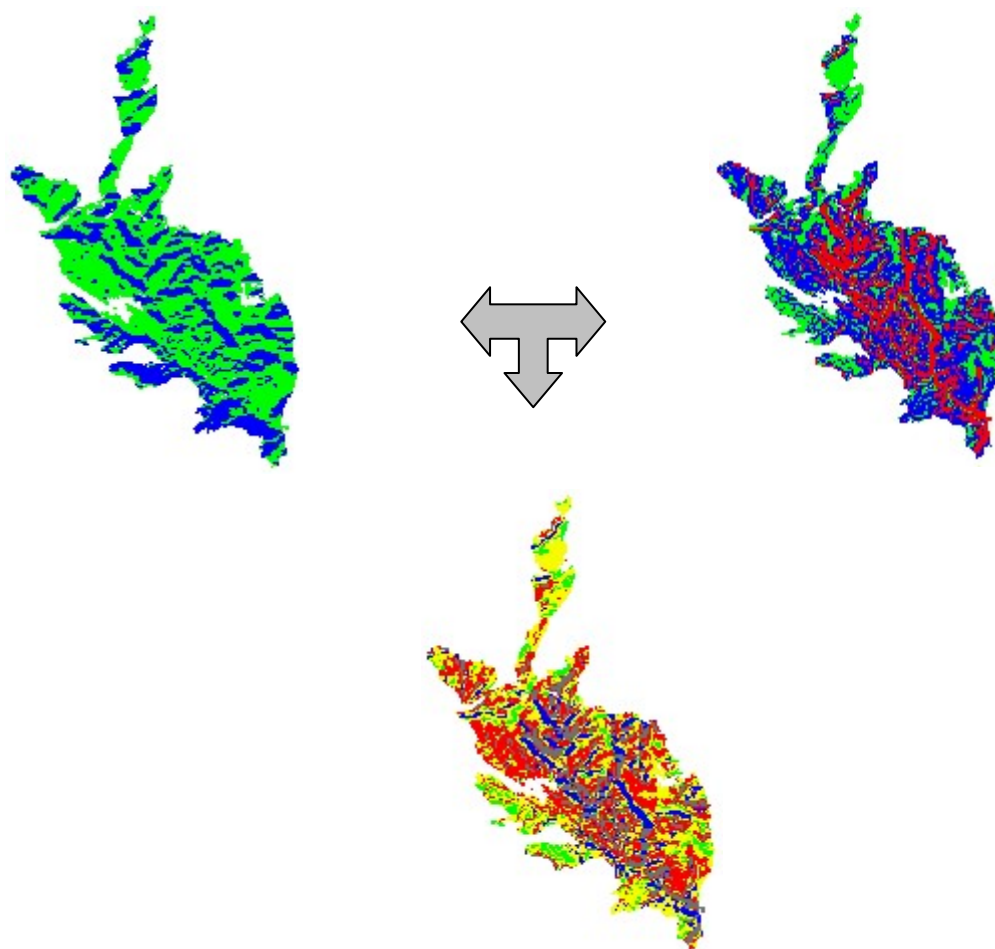


Figura 23: Ejemplo de cruce del mapa de orientaciones con el de pendientes en el caso del incendio de Almansa: superior izquierda: mapa de orientaciones (verde: **solana**; azul: **umbría**); superior derecha: mapa de pendientes (verde: **baja**; azul: **media**; rojo: **alta**); inferior: mapa de cruce orientación/pendiente (verde: **1**; amarillo: **2**; azul: **3**; rojo: **4**).

2) Seguidamente, el mapa resultante se cruza con el de severidad del fuego, según la matriz de doble entrada de la Tabla 17, para producir el mapa final de Prioridad de Actuación Postincendio (Figura 24).

SEVERIDAD DEL FUEGO	CLASES (Orientación / Pendiente)			
	1	2	3	4
BAJA	1	1	2	3
MEDIA	1	2	3	4
ALTA	2	3	4	4

Tabla 17: Matriz de doble entrada [(orientación/pendiente)/severidad del fuego]. Los valores representan: 1: prioridad baja; 2: prioridad media; 3: prioridad alta; 4: prioridad extrema. El producto de esta tabla será el mapa final de PAP.

Los valores de la tabla representan las prioridades de actuación postincendio forestal, tanto más alta, cuanto mayor es el índice, de la forma:

- 1: prioridad baja.
- 2: prioridad media.
- 3: prioridad alta.
- 4: prioridad extrema.

La elaboración de la tabla se ha realizado considerando, además de lo expuesto en la matriz anterior, que:

- La severidad del fuego se asocia a la capacidad de recuperación de la vegetación, disminuyendo conforme ésta aumenta (Hall *et al.*, 1980; Ryan and Noste, 1983; Turner *et al.*, 1999; Benson and Key, 2004a).
- El incremento de la severidad del fuego, se asocia al riesgo de erosión, ya que:
 - o Disminuye la cobertura de suelo y, por tanto, su protección ante los agentes meteorológicos (Wischmeier and Smith, 1958; MOPT, 1992; Dunne *et al.*, 1991; Cerdà, 1999; Robichaud, 2000).
 - o Se reducen las tasas de infiltración del agua de lluvia (DeBano, 1981; Martin and Moody, 2001; Pierson *et al.*, 2001a, 2002).
 - o Altera parámetros del suelo, como la cohesión, agregación, compactación, etc. (Andreu *et al.*, 2001; Pierson *et al.*, 2002, 2003).

Así, en los lugares donde confluyen los valores altos de severidad del fuego, con los superiores del mapa orientación/pendiente, encontraremos el indicador de máxima Prioridad de Actuación Postincendio, es decir, en aquellos píxeles que tengan pendiente **alta**, orientación a **solana** y severidad de fuego **alta**. El caso contrario lo encontraremos en puntos con severidades bajas y valores pequeños del mapa orientación/pendiente.

Finalmente comprobamos que los valores de cruce de la Tabla 16 y la Tabla 17, siguen una sistemática lógica en los ecosistemas mediterráneos, en donde hay largos periodos de sequía seguidos por lluvias, frecuentemente, de carácter torrencial, muy alta insolación, temperaturas estivales elevadas, etc.

El resultado obtenido tras la aplicación sucesiva de las tablas desarrolladas sobre los mapas de pendiente, orientación y severidad de fuego, será el mapa de Prioridad de Actuación Postincendio forestal (PAP). Este nos indicará sobre qué áreas se debe actuar con máxima premura, cuales pueden dejarse para una segunda fase y en qué otras no es necesaria la intervención forestal.

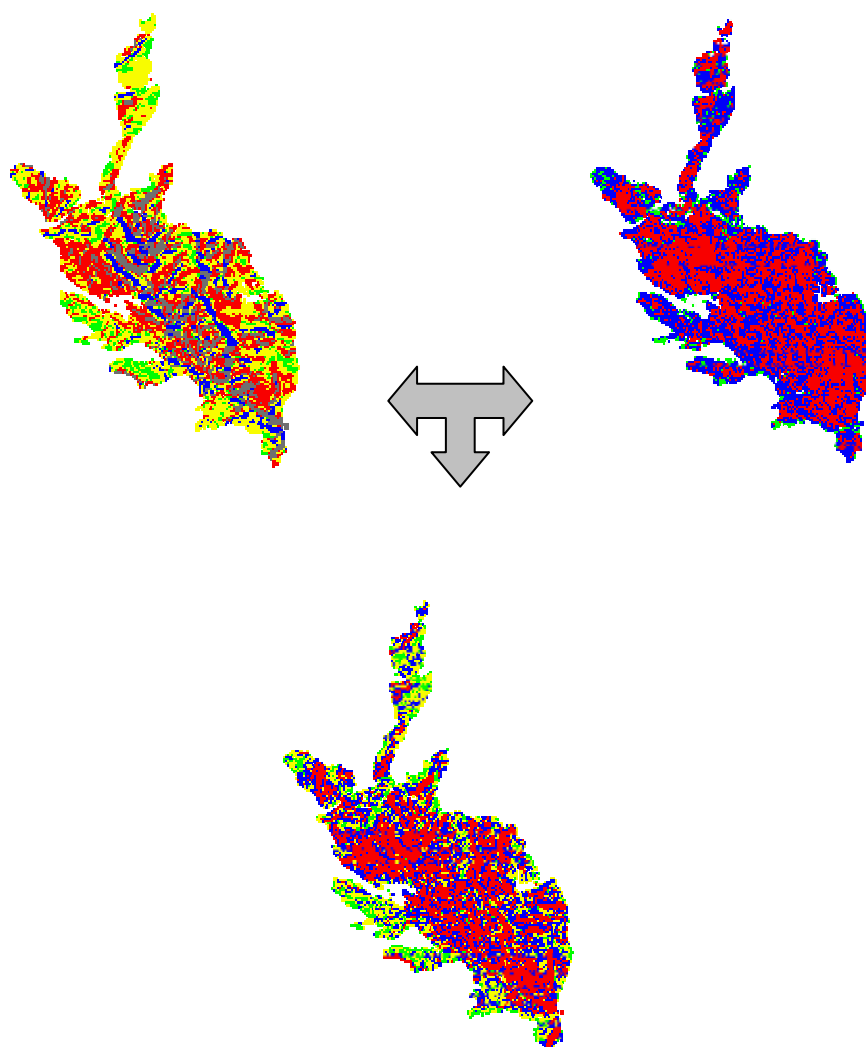


Figura 24: Ejemplo de cruce del mapa de orientaciones/pendientes con el de severidad de fuego, produciendo el mapa de Prioridad de Actuación Postincendio forestal (PAP), en el caso de estudio de Almansa: superior izquierda: mapa de orientaciones/pendientes (verde: **1**; amarillo: **2**; azul: **3**; rojo: **4**); superior derecha: mapa de severidad del fuego (verde: **baja**; azul: **media**; rojo: **alta**); inferior: mapa de PAP (verde: **prioridad baja**; amarillo: **prioridad media**; azul: **prioridad alta**; rojo: **prioridad extrema**).

VI.4.- COMPROBACIÓN.

Finalizado el desarrollo y aplicación del método, resulta obligada la verificación de los resultados obtenidos. Ello permite, además, valorar el grado de acuerdo con la realidad. Como elemento externo y fidedigno de comparación, se ha optado por el trabajo de campo. Para Hay (1979), cuando se examina la exactitud de características cualitativas determinadas por teledetección, aparecen 5 problemas:

- ¿Qué proporciones de todas las decisiones son correctas?
- ¿Qué proporción en la localización de una categoría es correcta?
- ¿Qué proporción de la categoría verdadera está correctamente localizada?
- ¿Está sobre o subestimada cada categoría?
- ¿Aparecen los errores distribuidos aleatoriamente?

Estos problemas serán tanto más frecuentes cuanto más similares entre sí sean las categorías. Por otro lado, Pinilla (1995) apunta que uno de los factores que influyen en la incorrecta asignación de celdillas es la estructura territorial de la escena estudiada. Si la agregación es pequeña, apareciendo un gran número de parcelas, el efecto de borde se verá más pronunciado, mostrándose mayor número de píxeles mixtos que en el caso de grandes agregaciones.

La verificación de resultados consta de las siguientes fases (Congalton and Green, 1999 *in* Chuvieco, 2002):

- Diseño del muestreo, indicando el número de parcelas a muestrear y su forma de selección.
- Selección de datos a estudiar y recolección de los mismos.
- Comparación de datos procedentes del método de clasificación, con la verdad terreno.
- Análisis de los errores, validación del proceso y cuantificación de la fiabilidad.

En nuestro caso, los dos primeros elementos los agruparemos en lo que llamaremos trabajo de campo. Los dos últimos, en la determinación de la fiabilidad del método.

VI.4.1.- Trabajo de campo.

VI.4.1.1.- *Diseño del muestreo.*

La elección del método de muestreo no es sencilla, ya que no existe un criterio estable y que repitan una gran mayoría de los autores. Por esta razón, nos hemos dejado guiar por trabajos similares (Hord and Brooner, 1976; White *et al.*, 1996), empleando como método de muestreo el *aleatorio simple*. Consiste (Pinilla, 1995) en seleccionar los puntos que serán estudiados en el terreno de una forma aleatoria, por lo que todos ellos tienen la misma probabilidad de ser inspeccionados.

Queremos señalar que el método empleado no ha sido absolutamente estricto. Así, en dos de los incendios (Yeste y Almansa), y siguiendo a (Key and Benson, 2004b), se marcaron más parcelas de las que posteriormente fueron visitadas, eliminando sobre el terreno, aquellas con acceso excesivamente complicado, o cuya localización significase un exceso de esfuerzo y tiempo. Éstas fueron sustituidas por las siguientes en la lista. Por otro lado, se ha procurado que todas las clases sean visitadas, y que el número de parcelas por clase sea similar, aunque no necesariamente el mismo. Finalmente, se ha intentado que ninguna parcela se encuentre a menos de 100 m de distancia de sus vecinas.

El número de parcelas a visitar, siguiendo a Key and Benson (2004b) depende especialmente de la complejidad del ecosistema, ya que su tamaño, para incendios mayores de 400 ha, no afecta dado que los grandes incendios tienden a repetir sus características. De este modo, dicho autor recomienda entre 50 y 100 parcelas, y para incendios menos complejos, considera que un número de entre 20 y 40 puede ser suficiente.

En nuestro estudio, el número de parcelas, su distribución y organización ha sido el siguiente:

VI.4.1.1.1.- Incendio de Yeste.

En este incendio hemos muestreado 81 parcelas, seleccionadas del siguiente modo:

1- En noviembre-diciembre de 1995, algo más de un año después de producirse el incendio, se escogieron, al azar y en el campo 12 parcelas representativas de las tres clases de severidad de fuego (3 severidad alta, 3 media y 3 baja), más otras 3 no quemadas, de modo que las tuviéramos como orientación inicial para hacer una clasificación previa de la severidad del fuego.

2- Basándonos en las parcelas de ensayo, realizamos un primer mapa clasificado.

3- Sobre este mapa se seleccionaron, de forma aleatoria y con las consideraciones hechas en la introducción, otras 69 parcelas, de las cuales:

- 23 (aproximadamente 1/3) fueron visitadas en campo durante los meses de noviembre-diciembre de 2002 y enero de 2003.
- En las 46 parcelas restantes (aproximadamente 2/3), se estimó su nivel de severidad utilizando fotografía aérea.

Durante el trabajo de campo también revisamos las 12 parcelas inicialmente inspeccionadas en el año 1995. Por lo que el total de parcelas inspeccionadas sobre el terreno, ascendió a 35, de las cuales, 32 quemadas en diferente grado, y 3 no quemadas.

La fotografía aérea ha sido profusamente utilizada para estimar la severidad del fuego y usarlo posteriormente como elemento “verdad terreno” (Jakubauskas *et al.*, 1990; White

et al., 1996; Kushla and Ripple, 1997; Michalek *et al.*, 2000). En nuestro caso, hemos utilizado pares de fotos, procedentes de vuelos adquiridos en 1987 y 1997, que habían sido ampliadas a escala 1: 10000, en formato papel y digital respectivamente, ambos en blanco y negro. Los servicios forestales de la zona suministraron la información de que los aprovechamientos a que se había sujeto el área quemada se ciñeron exclusivamente a los pies quemados, por lo que, una vez localizada cada parcela, se pudo apreciar bien la diferencia en la densidad y cobertura de la masa y por tanto, la severidad del fuego.

VI.4.1.1.2.- Incendio de Almansa.

En este caso de estudio se examinaron 69 parcelas. La organización del proceso fue la siguiente:

- 1- Con las imágenes de satélite se realizó una clasificación previa, en los tres intervalos de severidad, a partir del conocimiento establecido en el estudio del primer incendio y sus parcelas de entrenamiento.
- 2- Sobre este mapa se marcaron de forma aleatoria, con las consideraciones hechas en la introducción, un total de 50 parcelas. De ellas, durante mayo de 2001 se visitaron 41, ya que el acceso a las otras 9 era excesivamente complejo.
- 3.- En junio de 2003, se seleccionaron, de igual forma, 32 parcelas, de las cuales 28 fueron efectivamente inspeccionadas en campo (2 no quemadas y 26 con diferente nivel de severidad de fuego).

VI.4.1.1.3.- Incendio de Liétor.

El número total de parcelas examinadas fue de 32. El proceso utilizado fue similar al del caso anterior (incendio de Almansa): realizamos una previa clasificación de las imágenes de satélite y sobre el mapa generado fueron seleccionadas 32 parcelas, que fueron visitadas en su totalidad en campo: 13 durante el mes de junio de 2003 y el resto durante enero de 2004.

El total de parcelas de muestreo ha sido, por tanto, de 182, de las cuales 136 han sido inspeccionadas sobre el terreno.

La localización de las parcelas seleccionadas en el campo es la tarea que más tiempo requiere. Para ello utilizamos un GPS en modo navegador (GARMIN 45 XL), con antena de coche como accesorio. De este modo y apoyándonos en cartografía, fotografía aérea, etc., se localizaba la ruta aparentemente más corta y, seguidamente, se accedía a pie al punto seleccionado, que en pocas ocasiones coincidía con vías de acceso motorizado. La falta de actualización de los elementos de apoyo (fotografía aérea y mapas 1:25000) hizo que en numerosas ocasiones esta tarea consumiera mucho más tiempo del previsto. Para el posicionamiento exacto de la parcela, utilizamos un segundo GPS de corrección diferencial (TRIMBLE TSCe).

VI.4.1.2.- Selección de datos a estudiar y recolección de los mismos.

Siempre que se pudo, los parámetros estudiados en las parcelas han sido los siguientes:

- Severidad del fuego.
- Pendiente.
- Orientación.
- Altitud sobre el nivel del mar.
- Cobertura de suelo.
- Estimación del grado de erosión.
- Inventario florístico.

a) Severidad del fuego.

Una vez localizada la parcela en el campo, se comprobaba que la severidad del fuego había sido más o menos homogénea en un diámetro de al menos 70 m, inspeccionando las muestras de quemado/no quemado, tal y como se expresa en el apartado VI.2.2.1, asignando la parcela al nivel de severidad adecuado.

b) Pendiente.

Utilizando un clinómetro (*Silva Clinomaster*) se ha determinado la pendiente media, en grados, de la parcela.

c) Orientación.

Mediante una brújula, se ha establecido la orientación media, con respecto al Norte magnético de cada parcela.

d) Altitud sobre el nivel del mar.

Utilizando el GPS y apoyándonos en cartografía, llegamos a una aproximación a la altitud del centro de la parcela estudiada.

e) Cobertura de suelo.

Se entiende como la proyección sobre el suelo del sistema de vástagos de todos los individuos de la especie (Braun-Blanquet, 1979), con respecto al total de suelo inspeccionado. El valor se da en porcentaje.

En nuestro caso, el cálculo no lo hemos realizado por especies, sino por estratos (arbóreo, arbustivo y herbáceo). Se ha realizado mediante inspección visual, aunque en casos complicados nos hemos apoyado en una cinta métrica de 10 metros extendida sobre el suelo (Ilustración 8), midiendo la parte de suelo ocupada por cada estrato. Se señala que la cobertura resultante de la suma de estos tres estratos puede superar el 100%, debido a la superposición vegetal. Por esta razón, se ha estimado también la cobertura total media observada en la parcela.



Ilustración 8: Estimación de la proporción de la cobertura vegetal del suelo.

f) Estimación del grado de erosión.

Los valores de PAP determinados por el método propuesto, deben estar correlacionados con los de erosión de la misma parcela. Es decir, conforme aumentan los valores de PAP, lo deben hacer los niveles de erosión en las mismas parcelas.

La cuantificación de la erosión que sufre una ladera es complicada, laboriosa y requiere una importante infraestructura, razón por la cual, en este trabajo, hemos recurrido a indicadores físicos y biológicos que nos acerquen al grado de erosión en que nos encontramos, aunque sin pretender conocer el volumen total de la misma.

Como referencia, hemos elegido una clasificación del *Soil Survey Staff* (1951), que establece unos indicadores básicos para establecer el nivel de erosión. Basándonos en las observaciones que hemos ido realizando en el campo, la leyenda de cada clase se ha enriquecido con algunos nuevos indicadores de carácter biológico, que aclaran y facilitan la asignación a cada nivel. Estos pueden consultarse en la Tabla 18.

NIVEL DE EROSIÓN	CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA E INDICADORES
0 (No detectada)	No se encuentra ningún signo de erosión.
1 (Ligeramente erosionado)	Aparecen manchas de erosión laminar y muy pocos surcos en el horizonte A. Menos del 25% de este horizonte ha sido eliminado. Es frecuente encontrar costras y suelo desnudo.
2 (Moderadamente erosionado)	Horizonte A con pérdidas considerables (hasta el 75%). Regueros poco profundas (hasta 5 cm). Puede aparecer un abundante número de piedras pequeñas. Raíces de árboles y tocones ligeramente descubiertas (<5 cm).
3 (Erosión severa)	Remoción de la práctica totalidad del horizonte A. Aparecen algunas cárcavas superficiales y profundas. Raíces muy descubiertas (>5 cm).
4 (Tierra de cárcavas)	El terreno presenta una mezcla de cárcavas de media y gran profundidad.

Tabla 18: Criterios de clasificación en el campo para los diferentes grados de erosión (adaptado del Soil Survey Staff, 1951)

g) Inventario florístico.

Para conocer la respuesta que las parcelas estudiadas habían tenido al efecto del fuego, han sido realizados inventarios florísticos en algunas de ellas. Se han llevado a cabo siguiendo la metodología de la Escuela Fitosociológica-Sigmatista de Braun-Blanquet (1979). Los datos tomados han sido:

- Especie.
- Abundancia.
- Cobertura.

Las *especies* presentes en un ecosistema son indicadores característicos de sus condiciones ecológicas. En nuestros estudios, dado que lo que pretendemos es conocer especialmente lo severo que ha sido el fuego y la protección contra la erosión, hemos focalizado nuestro esfuerzo en las plantas leñosas y herbáceas permanentes, que son las que aparecen todo el año y por tanto las que proporcionan mayor protección en épocas de lluvias. Con estas especies podrá determinarse la *asociación* (comunidad vegetal de composición florística determinada, propia de condiciones ecológicas uniformes y de fisionomía homogénea).

La *abundancia* proporciona una idea del número de individuos de cada especie. En la práctica se utiliza una serie de 5 números para expresar el grado de abundancia relativa de cada una. Estos índices y su significado son los siguientes:

- +: planta rara, que se detecta aislada y puntualmente.
- 1: planta muy escasa.

- 2: escasa.
- 3: poco abundante.
- 4: abundante.
- 5: especie muy abundante.

La cobertura, ya ha sido explicada en el apartado “e”, de este punto.

Una vez determinada la asociación florística, siguiendo las series de vegetación establecidas por Montero de Burgos (1987) y Rivas-Martínez (1987), podremos determinar el nivel de proximidad en que se encuentra el ecosistema con respecto a la comunidad original (*climax* climática).

Finalmente, el análisis de estos estados, con respecto a la severidad de fuego detectada y a su clasificación PAP, puede resultar interesante para averiguar la relación que entre ellos puede existir.

Los inventarios quedan recogidos en el *Anexo IV*.

Antes de abandonar la parcela hicimos, cuanto menos, una fotografía general y algunas otras de los detalles llamativos. En el *Anexo V* se recoge una selección de estas fotografías.

Debe hacerse constar que, por diferentes circunstancias, no todos parámetros indicados en este apartado han sido recopilados para todas las parcelas. Así, en el caso de Yeste, las parcelas examinadas mediante fotografía aérea, sólo disponen del valor de severidad de fuego. En el caso de Almansa, las parcelas examinadas durante mayo de 2001, también poseen sólo este valor y la coordenada del centro de la parcela.

VI.4.2.- Determinación de la fiabilidad del método.

VI.4.2.1.- Comparación de datos procedentes del método de clasificación, con la verdad terreno.

Uno de los sistemas más empleados para comparar datos obtenidos por teledetección y campo, son las matrices de confusión (Congalton, 2001), que nos proporcionarán el grado de acuerdo entre la clasificación digital y la realidad del terreno.

Las matrices han sido elaboradas para comprobar el acuerdo en el caso de la severidad del fuego. Para el mapa de PAP, puesto que el número de categorías ofrecido por las dos fuentes es diferente, se han usado tablas de contingencia no cuadradas.

VI.4.2.2.- Análisis de los errores, validación del proceso y cuantificación de la fiabilidad.

En el caso de las matrices de confusión (severidad del fuego), hemos usado el grado de fiabilidad, tanto entre clases iguales como en el acuerdo global. En el primer caso, hemos optado por el acuerdo de usuario, ya que nos describe cómo de fielmente el mapa clasificado representa lo que realmente aparece en el terreno en cada clase (Congalton, 2001). Su cálculo es muy simple: el cociente del número de aciertos en cada clase, respecto al número total de elementos determinados por la clasificación digital, en esa clase. El acuerdo global (F_g) nos mostrará el acuerdo que existe de forma general en la matriz, considerando todas las clases definidas. Su cálculo se basa en el cociente de la suma de todos los aciertos, en todas las clases, con respecto al total de elementos de la matriz. Matemáticamente se expresa (Pinilla, 1995):

$$F_g = \frac{\sum_i x_{ii}}{\sum_i \sum_j x_{ij}}$$

En donde:

$\sum_i x_{ii}$ es el sumatorio de la diagonal mayor de la matriz, es decir, el número de aciertos.

$\sum_i \sum_j x_{ij}$ representa el número total de muestras del ensayo.

Hemos considerado interesante deducir el intervalo de confianza donde se situará la fiabilidad real alcanzada por la clasificación. Siguiendo a Chuvieco (2002) puede calcularse del siguiente modo:

$$F = F_g \pm v \cdot EM$$

Cuyos valores representan:

F es la fiabilidad real.

F_g la fiabilidad calculada (fiabilidad global detectada).

v el nivel de probabilidad de la estimación (la abscisa de la curva normal).

EM el error de muestreo.

Para calcular EM , en el caso del muestreo aleatorio simple, emplearemos la siguiente expresión:

$$EM = \sqrt{\frac{aq}{n}}$$

En este caso:

a es el porcentaje de aciertos.

q el porcentaje de errores ($q=1-a$).

n el tamaño de la muestra.

También hemos aplicado el estadístico *Kappa* (κ , siguiendo a Hudson and Ramn, 1987), y que nos indicará cuánto mejor ha sido el nivel de acierto, obtenido con el método de clasificación empleado, con respecto al que se hubiese logrado si se hubiera hecho al azar. Se calcula con la siguiente fórmula:

$$\kappa = \frac{n \sum_i x_{ii} - \sum_i x_{i+} x_{+i}}{n^2 - \sum_i x_{i+} x_{+i}}$$

En donde:

n es el tamaño de la muestra.

x_{ii} el acuerdo observado.

x_{i+} , x_{+i} son los marginales.

Este índice (κ), oscila entre 0 y 1. Cuanto más se aproxime a 0, el acuerdo se debe en mayor parte al azar. Conforme se acerca a 1, el acuerdo clasificación/verdad terreno será mayor.

En cuanto a las tablas de contingencia, hemos utilizando el test “*chi-square*” (χ^2), (siguiendo a Siegel, 1956). Se utiliza cuando se quiere analizar la correlación entre dos variables cuyos valores son nominales. Para ello se comparan las frecuencias absolutas del cruce de los valores, con las frecuencias esperadas teóricamente.

Su cálculo se realiza del siguiente modo:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(fe - fo)^2}{fe}$$

Siendo:

fe : es la frecuencia esperada.

fo : la frecuencia observada.

La frecuencia esperada puede calcularse como:

$$fe = \frac{\sum_i x_{ij} \sum_j x_{ji}}{\sum_i \sum_j x_{ij}}$$

$\sum_i x_{ij}$ es el sumatorio de los valores de cada columna.

$\sum_j x_{ji}$ el sumatorio de los valores de cada fila.

$\sum_i \sum_j x_{ij}$ el total de valores de la muestra.

Seguidamente calcularemos los grados de libertad (G.L.):

$$G.L. = (f - 1)(c - 1)$$

En donde:

f es el número de filas de la matriz de cruce.

c el número de columnas.

Con ambos datos, calcularemos p , de la siguiente forma:

$$p = \int_{\chi^2}^{\infty} \frac{1}{2\Gamma\left(\frac{G.L.}{2}\right)} \left(\frac{\chi^2}{2}\right)^{\left(\frac{G.L.}{2}-1\right)} e^{-\frac{\chi^2}{2}} d\chi^2$$

Γ : representa la función Gamma.

La función anterior no puede integrarse de manera explícita por lo que para resolverla es necesario usar métodos numéricos de integración.

En cualquier hoja de cálculo, p puede calcularse automáticamente. Nosotros hemos usado Excel de Microsoft®, con la función: *DISTR.CHI* (χ^2 , G.L.)

VI.5.- SÍNTESIS METODOLÓGICA.

Finalmente, hemos considerado interesante resumir la metodología de una forma esquemática e ilustrada. En la

Figura 25, se han incluido los pasos más importantes de los que consta el proceso. Para ello, como base, se han utilizado los datos del incendio de Almansa. En el esquema se observan dos líneas de trabajo:

- Modelado del territorio, partiendo de la altimetría digital, y que nos proporcionará el modelo digital de elevaciones, y los mapas de pendientes y orientaciones. El primero lo usaremos en los preprocesos de las imágenes de satélite, y el resto, como entradas para el método.
- Determinación de la severidad del fuego, iniciado con las imágenes de satélite y sus tratamientos correspondientes.

Seleccionados los píxeles determinados como quemados, se combinan con los mapas de pendientes y orientaciones, para obtener los mismos, pero sólo de la zona incendiada.

Los mapas de pendiente y orientaciones se hacen converger, mediante la aplicación de una matriz de doble entrada, generando un nuevo mapa “pendientes /orientaciones”.

Ambas líneas se hacen confluir usando una nueva tabla de doble entrada. Se utilizará el nuevo mapa (orientaciones/pendientes) y el de severidad del fuego. El producto será el mapa de PAP, objetivo principal de este estudio.

Para terminar el proceso, siempre es aconsejable realizar una comprobación de campo.

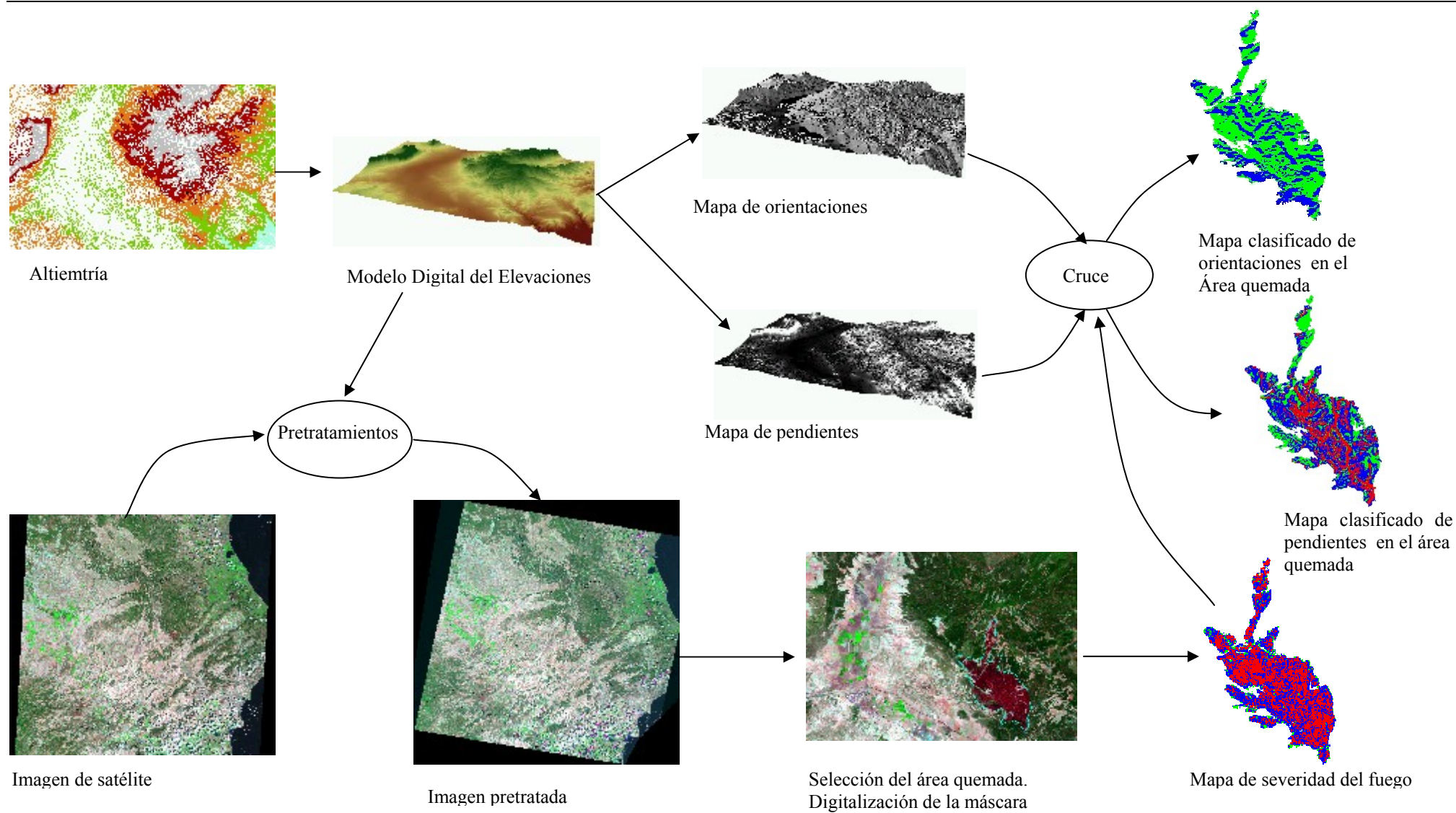


Figura 25: Síntesis esquemática de la metodología desarrollada en el estudio.

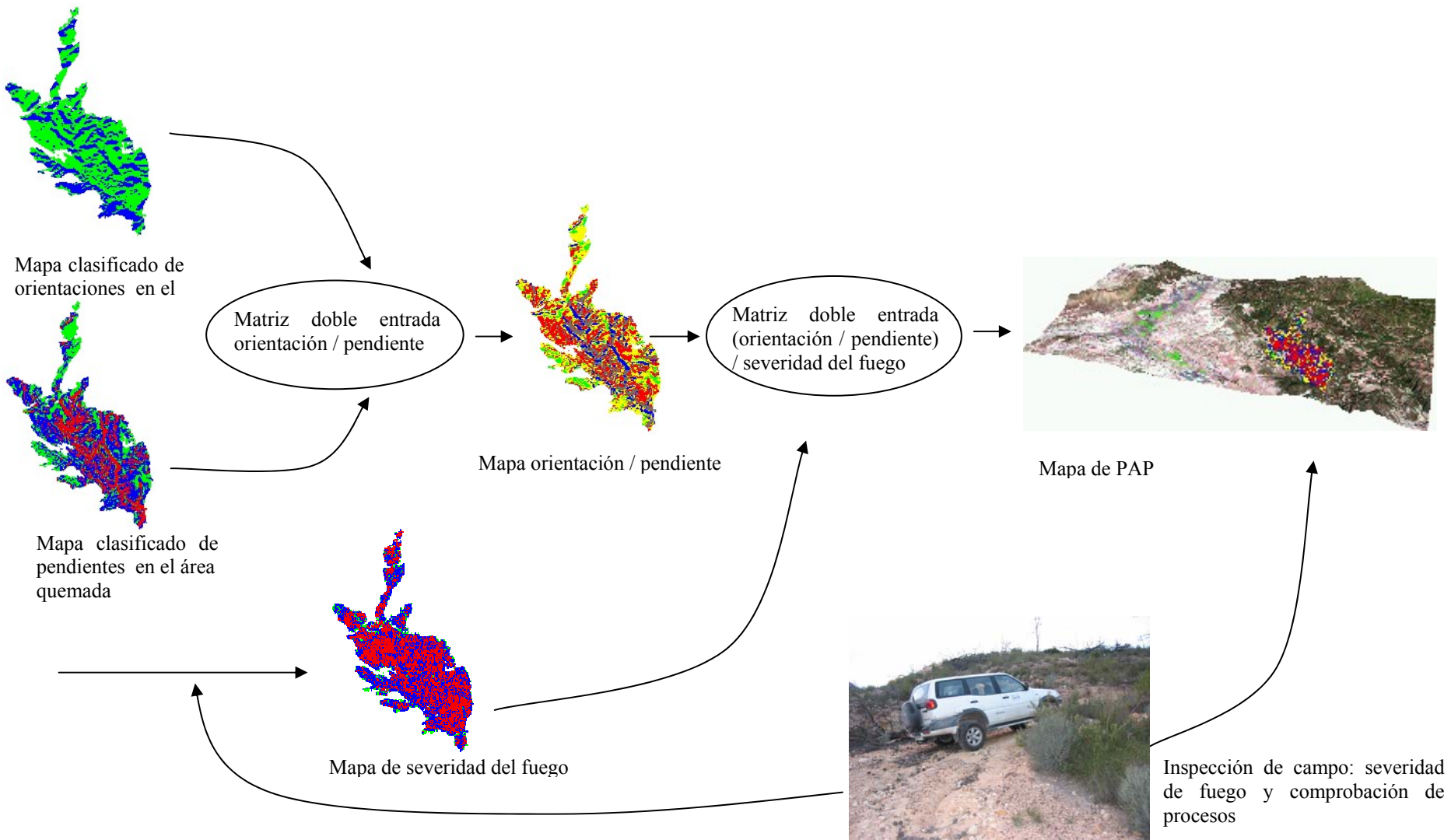


Figura 25: Síntesis esquemática de la metodología desarrollada en el estudio. (Continuación).

Capítulo VII:

Resultados y discusión



Imagen de portada: Incendio de Liétor. Regeneración de *Quercus coccifera*.

Capítulo VII:

Resultados y discusión

“La inspiración existe,
pero tiene que encontrarse trabajando”

Pablo Ruiz Picasso

Como se ha expuesto en el capítulo II, el objetivo principal de este trabajo es elaborar un método operativo, capaz de agrupar, dentro de las zonas afectadas por incendios forestales, aquellas regiones que reúnan características similares, en función de su riesgo de erosión y dificultad para la regeneración natural. El procedimiento establecerá y ordenará las regiones seleccionadas según su necesidad o prioridad de actuación forestal postincendio, dependiendo del riesgo de erosión al que estén expuestas. Con este resultado los gestores forestales con responsabilidad medioambiental, dispondrán de un elemento de apoyo en la planificación de la rehabilitación del ecosistema.

Para llegar a ese objetivo final, hemos aplicado técnicas de teledetección y SIG, que aunque meras herramientas para conseguir un fin, resultan de gran valor, ya que de ellas dependerá el resultado del método propuesto. Así, por ejemplo, la estimación de la severidad del fuego utilizando teledetección es un elemento clave en el método propuesto. Por ello, se han estudiado varios procedimientos cuya fiabilidad se ha valorado mediante trabajo de campo.

El método desarrollado se ha aplicado sobre tres casos reales, y representativos del ecosistema mediterráneo. Aprovechándolo, hemos estimado oportuno extender algo más el estudio y evaluar algunos parámetros del fuego.

Una vez expuestas estas consideraciones, los resultados, tanto intermedios como finales, pueden ser desglosados en los siguientes puntos:

1. Derivados de la aplicación de distintos métodos de teledetección en la estimación de la severidad del fuego.
2. Relacionados con la superficie afectada por el incendio. Análisis de ésta con respecto a la severidad del fuego y a parámetros topográficos.
3. Derivados de la correlación de la pendiente y la orientación con respecto a la severidad del fuego.
4. Relacionados con la evaluación de la recuperación de la vegetación.
5. Determinación de las áreas con prioridad de intervención forestal postincendio.

VII.1.- DERIVADOS DE LA APLICACIÓN DE DISTINTOS MÉTODOS DE TELEDETECCIÓN EN LA ESTIMACIÓN DE LA SEVERIDAD DEL FUEGO.

El cruce de cada una de las parcelas muestreadas con el mapa de severidad, nos ayuda a conocer el rango de oscilación aproximado de cada clase de severidad: baja, media y alta. Los valores de intersección de todos estos puntos, dado que son 6 los métodos y 3 los incendios, significan una ingente cantidad de datos y tablas, con información redundante y excesivamente específica. Por esta razón, en este capítulo, sólo se han incluido aquellos considerados como más relevantes: los valores umbral establecidos en cada método e incendio, las matrices de acuerdo conseguidas y las tablas resumen de todos los métodos, para su valoración general. El resto, puede consultarse en el *Anexo II*.

La organización de los datos ha sido la siguiente: para cada área de estudio se han establecido tres apartados:

- Resultados procedentes de la aplicación de métodos basados en el NDVI: en cada uno de los 3 métodos que usan este índice, se indican los umbrales estimados para cada clase de severidad, se especifica la matriz de acuerdo obtenida y se comenta brevemente el resultado.
- Resultados procedentes de la aplicación de métodos basados en el NBR: realizaremos el mismo proceso que en el caso anterior, pero con los métodos que utilizan esta ratio.
- Resumen y discusión de resultados para cada área de estudio: breve análisis de los resultados generales obtenidos tras la aplicación de los diferentes métodos en cada área de estudio. Para facilitar la visión global de los métodos, se incluye una tabla resumen de los valores de clasificación obtenidos por cada método en cada parcela.
- Resumen de resultados globales de todos los métodos sobre los tres casos de estudio. Se trata de una síntesis general del comportamiento de los métodos, pero evaluados con el conocimiento de los resultados de los tres casos estudiados.

Por otro lado, con respecto a las matrices de acuerdo, no se ha analizado la clase “*no quemado*” más que para conocer el acuerdo global, ya que: a) no es una clase a evaluar y b) no estamos evaluando la fiabilidad del método para ella.

Finalmente, en relación a los errores encontrados, aparte del mejor o peor funcionamiento de cada método, hay que considerar una serie de matices propios de:

- a) la naturaleza del fuego.
- b) La reacción del ecosistema.
- c) La asincronía entre la adquisición de la imagen postincendio y el estudio de campo.
- d) La cierta subjetividad que toda estima de campo puede conllevar (Ryan, 2002; Key and Benson, 2004a).

Así, por ejemplo, la discriminación en el campo entre severidades contiguas (baja-media; media-alta), no siempre es absolutamente clara. Aparecen parcelas que se encuentran muy en el extremo entre clases, pudiendo ser asignadas, acertadamente, a cualquiera de las dos limitantes. Por otro lado, la vegetación no siempre reacciona de igual modo ante un mismo tipo de fuego, ya que son muchas las variables que intervienen en el proceso. Por otro lado, hemos dispuesto de las imágenes postincendio adquiridas poco después del control del fuego, pero al ser incendios antiguos no hemos podido disponer de datos de campo inmediatos al fuego. Nuestra observación ha sido la reacción de la naturaleza, mientras que nuestro sensor, con sus limitaciones, nos muestra el efecto inicial fuego-vegetación. Ello puede acarrear algunas discrepancias evitables con sincronía en los procesos. También hay que tener en cuenta a la propia naturaleza del fuego, que aparentemente puede quemar en el mismo modo aunque, realmente, su agresividad final pueda haber sido muy diferente. Finalmente, como algunos autores afirman (Key and Benson, 2004b), un análisis de imágenes de satélite poco tiempo después del control del incendio, puede sobreestimar las severidades con respecto a las que podamos encontrar tras pasada una estación de lluvias, que es cuando realmente apreciamos la verdadera magnitud del cambio del ecosistema.

Vistas estas consideraciones, tenemos:

VII.1.1.- Caso de estudio 1: incendio de Yeste.

Para el caso de estudio del incendio de Yeste, los resultados obtenidos han sido los siguientes:

VII.1.1.1.- Métodos basados en la aplicación del NDVI.

VII.1.1.1.1.- Diferencia normalizada del NDVI.

La superposición del mapa de diferencia normalizada del NDVI, con las parcelas examinadas en el campo y las evaluadas en la fotografía aérea, nos ayuda a seleccionar los umbrales que corresponden a cada clase de severidad. Estos valores umbral han sido: 8-18 para la severidad baja, 19-36 para la severidad media y 37-100 para la alta. En la Tabla 19, se presenta la matriz de acuerdo con ambas fuentes de información.

El estadístico *Kappa* (κ) para citada matriz, es 0,77, lo que significa que la clasificación es un 77% mejor que lo esperable aleatoriamente.

Observamos que los valores de acuerdo más generosos los encontramos en la severidad alta (95,83%). En este caso, tan solo una parcela, entre 24, ha sido erróneamente determinada por el método, ya que debería estar clasificada en severidad media. En el caso de la severidad baja, el acuerdo es del 84%: de 25 parcelas adjudicadas por el método a la clase, 4 pertenecen a otros grupos: 1 a no quemado, 2 a severidad media y 1 a severidad alta. Finalmente, la severidad media

tiene el acuerdo más bajo, con 72,41%, habiendo determinado 4 parcelas que corresponderían a severidad baja y otras 4 en severidad alta, de un total de 29 clasificadas. El acuerdo global es prácticamente del 85%, con un intervalo de confianza de $\pm 6,47$.

Campo + Foto aérea Sensor	NO QUEMADO	SEVER. BAJA	SEVER. MEDIA	SEVER. ALTA	TOTAL	ACUERDO %
NO QUEMADO	3				3	100
SEVERIDAD BAJA 8-18	1	21	2	1	25	84
SEVERIDAD MEDIA 19-36		4	21	4	29	72,41
SEVERIDAD ALTA 37-100			1	23	24	95,83
TOTAL	4	25	24	28	81	83,95 ($\pm 6,47$)

Tabla 19: Matriz de acuerdo entre las 81 parcelas examinadas en el incendio de Yeste (35 en el campo + 46 en fotografía aérea) y el mapa clasificado según el método de diferencia normalizada de NDVI. Junto al acuerdo global se ha incluido el intervalo de confianza para una probabilidad de acuerdo del 95%.

VII.1.1.1.2.- Diferencia del NDVI.

A partir de los valores obtenidos en el cruce entre las parcelas de muestreo y el mapa de diferencia de NDVI, se ha determinado que los rangos para cada severidad son los siguientes: baja: (5-14), media: (15-30), alta: (31-60). Con estos, se ha construido la matriz de acuerdo de la Tabla 20, cuyo estadístico *Kappa* (κ) es 0,51 (51% mejor que lo esperado aleatoriamente).

Al igual que en el caso anterior, el acuerdo máximo lo encontramos en la severidad alta, con el 93,33% (1 error entre 15 parcelas), seguido de la severidad baja: 64,52% (de 31 parcelas, 7 pertenecían a la severidad media y 3 a la alta) y la severidad media con 53,33% (de 30 parcelas, 4 correspondían a la severidad baja y 10 a la alta). El acuerdo global es del 65,52%, con un intervalo de confianza de $\pm 8,39$.

VII.1.1.1.3.- Diferencia normalizada del NDVI / NDVI preincendio.

Cruzando las parcelas examinadas en campo y en ortofoto, con el mapa resultado de la diferencia de NDVI entre el NDVI previo al incendio, los rangos que se han determinado como más adecuados para cada una de las clases son: (14-30), (31-51),

(52-100). La matriz de acuerdo entre la severidad encontrada por el método y los valores verdad terreno aparece en la Tabla 21.

Campo + Foto aérea Sensor	NO QUEMADO	SEVER. BAJA	SEVER. MEDIA	SEVER. ALTA	TOTAL	ACUERDO %
NO QUEMADO	3	1		1	5	60,00
SEVERIDAD BAJA 5-14	1	20	7	3	31	64,52
SEVERIDAD MEDIA 15-30		4	16	10	30	53,33
SEVERIDAD ALTA 31-60			1	14	15	93,33
TOTAL	4	25	24	28	81	65,43 (±8,39)

Tabla 20: Matriz de acuerdo entre las 81 parcelas examinadas (35 en el campo + 46 en fotografía aérea) y el mapa obtenido según el método de diferencia de NDVI. Junto al acuerdo global se ha incluido el intervalo de confianza para una probabilidad de acuerdo del 95%.

Campo + Foto aérea Sensor	NO QUEMADO	SEVER. BAJA	SEVER. MEDIA	SEVER. ALTA	TOTAL	ACUERDO %
NO QUEMADO	3				3	100
SEVERIDAD BAJA 14-30	1	21	2	1	25	84,00
SEVERIDAD MEDIA 31-51		4	21	4	29	72,41
SEVERIDAD ALTA 52-100			1	23	24	95,83
TOTAL	1	25	24	28	81	83,95 (±6,47)

Tabla 21: Matriz de acuerdo entre las 81 parcelas examinadas (35 en el campo + 46 en fotografía aérea) y el mapa obtenido según el método de diferencia de NDVI entre el NDVI previo al fuego. Junto al acuerdo global se ha incluido el intervalo de confianza para una probabilidad de acuerdo del 95%.

El estadístico *Kappa* (κ) para la matriz de la Tabla 21 es 0,77, es decir, un 77% mejor a lo esperado de forma aleatoria.

Del mismo modo que en los métodos anteriores, la pauta de comportamiento en los diferentes grados de severidad coincide: el máximo valor de acuerdo lo encontramos en la severidad alta, con un 95,83%: aparece una única parcela erróneamente asignada y que correspondía a severidad media. Seguidamente, la severidad baja con un 84% (de 25 parcelas determinadas en la clase, 1 es no quemado, 2 severidad media y 1 severidad alta). Finalmente la severidad media, con un 72,41% de aciertos: 4 parcelas de severidad baja y otras 4 de alta, de un total de 29 seleccionadas por el método. El acuerdo global es del 83,95%, con un intervalo de confianza de $\pm 6,47$.

VII.1.1.2.- Métodos basados en la aplicación del NBR.

VII.1.1.2.1.- Diferencia del NBR.

En la Tabla 22 se presenta la matriz de acuerdo entre valores de severidad determinados en campo y fotografía aérea, con respecto al mapa obtenido por diferencia normalizada de NDVI, una vez ajustados los límites. Estos valores umbral han sido seleccionados basándonos, fundamentalmente, en los valores recomendados por el autor de la ratio: severidad baja (100-400), severidad media (401-584), severidad alta (585-1350).

Campo + Foto aérea Sensor	NO QUEMADO	SEVER. BAJA	SEVER. MEDIA	SEVER. ALTA	TOTAL	ACUERDO %
NO QUEMADO	3	1			4	75,00
SEVERIDAD BAJA 100-400	1	18	11	4	34	52,94
SEVERIDAD MEDIA 401-584		6	12	6	24	50,00
SEVERIDAD ALTA 585-1350			1	18	19	94,73
TOTAL	5	25	24	28	81	62,96 ($\pm 8,52$)

Tabla 22: Matriz de acuerdo entre las 81 parcelas examinadas (35 en el campo + 46 en fotografía aérea) y el mapa obtenido según el método de diferencia de NBR. Junto al acuerdo global se ha incluido el intervalo de confianza para una probabilidad de acuerdo del 95%.

En este método, para el incendio de Yeste, el estadístico *Kappa* (κ) es 0,47, es decir, del 47% mejor que lo esperado aleatoriamente.

Observamos que los valores de acuerdo más generosos los encontramos en la severidad alta (94,73%). En este caso, tan solo una parcela, de 19, ha sido erróneamente determinada por el método, ya que debería estar asignada a severidad media. En el caso de la severidad baja, el acuerdo es del 52,94%: de 34 parcelas determinadas en el método para esta clase, 16 han sido erróneamente clasificadas: 1 de no quemado, 11 de severidad media y 4 de severidad alta. Finalmente, la severidad media tiene el acuerdo más bajo: 50,00%, habiendo determinado 6 parcelas que corresponderían a severidad baja y otras 6 a severidad alta, de un total de 24 clasificadas. El acuerdo global es prácticamente del 63%, con un intervalo de confianza de $\pm 8,52$.

VII.1.1.2.2.- Diferencia normalizada del NBR.

A partir de los valores obtenidos en el cruce entre las parcelas de muestreo y el mapa de diferencia normalizada de NBR, se ha determinado que los rangos para cada severidad son los siguientes: severidad baja (300-1265), media: (1266-7000), alta: (7001-30000) y (-300) -(-46000). Los valores negativos se presuponen como de severidad alta ya que, considerando que los valores quemados son casi todos negativos, significa que el valor de la imagen postincendio, en modulo es mayor que el de la preincendio, con lo cual la pérdida ha sido superior a la que partíamos de inicio.

Campo + Foto aérea Sensor	NO QUEMADO	SEVER. BAJA	SEVER. MEDIA	SEVER. ALTA	TOTAL	ACUERDO %
NO QUEMADO	3				3	100,00
SEVERIDAD BAJA 300-1265	1	9	1		11	81,82
SEVERIDAD MEDIA 1266-7000		6	12	1	19	63,16
SEVERIDAD ALTA 7001-30000 -300-(-46000)		10	11	27	48	56,25
TOTAL	4	25	24	28	81	62,96 ($\pm 8,52$)

Tabla 23: Matriz de acuerdo entre las 81 parcelas examinadas (35 en el campo + 46 en fotografía aérea) y el mapa clasificado según el método de diferencia normalizada de NDVI. Junto al acuerdo global se ha incluido el intervalo de confianza para una probabilidad de acuerdo del 95%.

La matriz de acuerdo entre valores de campo y ortofotografía con respecto a los valores obtenidos por el sensor es la de la Tabla 23. En ella, el estadístico *Kappa* (κ) asciende a 0,46.

A partir de estos resultados comprobamos que, en este caso, la tendencia se invierte, obteniéndose un mayor acuerdo en la severidad baja (81,82%), con dos parcelas erróneamente determinadas: una de no quemado y otra de severidad media. Continúa la severidad media, con 81,82% y en donde aparecen 7 parcelas mal definidas (6 de severidad baja y una en alta). Finalmente, con el 56,25% de acuerdo, tenemos la severidad alta: aparecen 10 parcelas de severidad baja y 11 de severidad media. El acuerdo global es del 62,96%, con un intervalo de confianza de $\pm 8,52$.

VII.1.1.2.3.- Diferencia Normalizada Del NBR / NBR preincendio.

Cruzando las parcelas examinadas en campo y en ortofotografía aérea, con el mapa resultado de la diferencia de NBR entre el NBR previo al incendio, los rangos que se han determinado como más adecuados para cada una de las clases son: baja: (560-1710), media: (1711-2230), alta: (2231-32000). La matriz de acuerdo entre la severidad encontrada por el método y los valores verdad terreno es la siguiente (Tabla 24):

Campo + Foto aérea Sensor	NO QUEMADO	SEVER. BAJA	SEVER. MEDIA	SEVER. ALTA	TOTAL	ACUERDO %
NO QUEMADO	3			1	4	75,00
SEVERIDAD BAJA 560-1710	1	15	11	1	28	53,57
SEVERIDAD MEDIA 1711-2230		4	4	2	10	40,00
SEVERIDAD ALTA 2231-32000		6	9	24	39	61,54
TOTAL	5	25	24	28	81	56,79 ($\pm 8,74$)

Tabla 24: Matriz de acuerdo entre las 81 parcelas examinadas (35 en el campo + 46 en fotografía aérea) y el mapa clasificado según el método de diferencia normalizada de NBR/NBR previo al fuego. Junto al acuerdo global se ha incluido el intervalo de confianza para una probabilidad de acuerdo del 95%.

El estadístico *Kappa* (κ) para la matriz de la Tabla 24 es 0,37, lo que significa que la clasificación es un 37% mejor que lo esperado aleatoriamente.

En éste, encontramos de nuevo la pauta general del resto de los métodos, con el máximo valor de acuerdo en la severidad alta. Así, en esta clase tenemos un 61,54% de aciertos, y 15 parcelas erróneamente clasificadas (6 de severidad baja y 9 de media). Seguidamente, la severidad baja, con 53,57% (de 28 parcelas, 11 son de severidad media y 1 severidad alta). Finalmente, la severidad media, con un 40% de aciertos (4 parcelas de severidad baja y una de alta de un total de 10). El acuerdo global es del 56,79%, con un intervalo de confianza de $\pm 8,74$.

VII.1.1.3.- Resumen y discusión de resultados: incendio de Yeste.

Para poder analizar de una forma más clara los resultados de todos los métodos, en este caso de estudio, hemos construido una tabla que sintetiza los obtenidos por todos ellos. En ésta, se indica la severidad establecida en el campo o fotografía aérea y la determinada por el sensor en cada método. También quedan recogidos, en las últimas líneas, el número de errores cometidos, el acuerdo en cada clase y el global, y el estadístico *Kappa*.

PROCEDENCIA FOTO/CAMPO	PARC. Nº	SEVERIDAD ORTOFOTO/ CAMPO	SEVERIDAD DETECTADA POR EL SENSOR					
			DIFNORM NDVI	DIFNDVI	DIFNDVI/ NDVIpre	DIFNBR	DIFNORM NBR	DIFNBR/ NBRpre
Foto	1	Media	Media	Media	Media	Media	Alta	Alta
Foto	2	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Foto	3	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Baja
Foto	4	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
Foto	5	Media	Media	Media	Media	Baja	Media	Baja
Foto	6	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Baja
Foto	7	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Media
Campo	8	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
Campo	9	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Baja
Campo	10	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Baja
Foto	11	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Campo	12	Media	Alta	Media	Alta	Alta	Alta	Alta
Foto	13	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
Campo	14	Baja	Baja	Baja	Baja	Media	Media	Baja
Foto	15	Media	Media	Baja	Media	Baja	Alta	Alta
Foto	16	Alta	Alta	Media	Alta	Alta	Alta	Alta
Foto	17	Alta	Media	Media	Media	Media	Alta	Alta
Foto	18	Alta	Media	Baja	Media	Baja	Alta	Alta
Foto	19	Media	Media	Media	Media	Media	Alta	Alta
Foto	20	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Campo	21	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Media
Campo	22	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
Campo	23	Alta	Alta	Media	Alta	Media	Alta	No quemado
Campo	24	Alta	Alta	Media	Alta	Alta	Alta	Alta
Campo	25	Media	Media	Baja	Media	Baja	Alta	Media
Foto	26	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
Campo	27	Alta	Alta	Baja	Alta	Baja	Alta	Alta

Campo	28	Baja	Baja	Media	Baja	Media	Baja	Baja
Campo	29	Media	Media	Baja	Media	Media	Alta	Media
Campo	30	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Foto	31	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Foto	32	Media	Baja	Baja	Baja	Media	Alta	Alta
Foto	33	Alta	Media	Baja	Media	Baja	Alta	Alta
Foto	34	Alta	Media	Media	Media	Media	Alta	Alta
Foto	35	Alta	Alta	Media	Alta	Alta	Alta	Alta
Foto	36	Media	Media	Baja	Media	Baja	Alta	Alta
Foto	37	Media	Media	Media	Media	Baja	Alta	Alta
Campo	38	Alta	Alta	Media	Alta	Media	Alta	Alta
Campo	39	Baja	Media	Baja	Media	Baja	Alta	Alta
Foto	40	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Alta	Media
Foto	41	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Alta	Alta
Foto	42	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Media	Baja
Foto	43	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Foto	44	Media	Media	Alta	Media	Media	Media	Baja
Foto	45	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
Foto	46	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Alta	Media
Foto	47	Media	Media	Media	Media	Media	Alta	Alta
Foto	48	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Alta	Alta
Foto	49	Baja	Media	Media	Media	Baja	Media	Baja
Campo	50	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Media	Baja
Campo	51	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media
Campo	52	No quemado	No quemado	No quemado	No quemado	No quemado	No quemado	No quemado
Campo	53	Baja	Baja	Baja	Baja	Media	Alta	Media
Foto	54	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Baja
Foto	55	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Campo	56	Media	Media	Media	Media	Baja	Media	Baja
Foto	57	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Foto	58	Media	Media	Media	Media	Baja	Baja	Baja
Foto	59	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Foto	60	Baja	Baja	Baja	Baja	Media	Alta	Media
Foto	61	No quemado	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
Foto	62	Alta	Alta	Media	Alta	Alta	Alta	Alta
Campo	63	Media	Media	Baja	Media	Baja	Media	Baja
Campo	64	Baja	Baja	No quemado	Baja	Baja	Alta	Alta
Campo	65	Baja	Media	Media	Media	Media	Alta	Alta
Campo	66	Media	Media	Media	Media	Baja	Media	Media
Campo	67	Baja	Media	Media	Media	Baja	Baja	Baja
Campo	68	Media	Media	Media	Media	Baja	Media	Baja
Campo	69	Alta	Alta	Media	Alta	Alta	Alta	Alta
Campo	70	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Campo	71	Baja	Baja	Baja	Baja	Media	Alta	Alta
Campo	72	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Campo	73	Alta	Alta	Media	Alta	Media	Media	Baja
Campo	74	Alta	Alta	Alta	Alta	Media	Alta	Alta
Foto	75	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
Foto	76	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Media	Baja

Foto	77	Media	Baja	Baja	Baja	Baja	Alta	Alta
Foto	78	Alta	Baja	No quemado	Baja	Baja	Alta	Alta
Foto	79	Baja	Baja	Baja	Baja	No quemado	Media	Baja
Campo	80	No quemado	No quemado	No quemado	No quemado	No quemado	No quemado	No quemado
Campo	81	No quemado	No quemado	No quemado	No quemado	No quemado	No quemado	No quemado
N° ERRORES			13	28	13	30	30	35
ACUERDO SEV. BAJA			84,00	64,52	84,00	52,94	81,82	53,57
ACUERDO SEV. MEDIA			72,41	53,33	72,41	50,00	63,16	40,00
ACUERDO SEV. ALTA			95,83	93,33	95,83	94,73	56,25	61,54
ACUERDO MEDIO			83,95 (±6,47)	65,43 (±8,39)	83,95 (±6,47)	62,96 (±8,52)	62,96 (±8,52)	56,79 (±8,74)
Kappa			0,77	0,51	0,77	0,47	0,46	0,37

Tabla 25: Resumen de resultados obtenidos por los diferentes métodos aplicados, en la clasificación de la severidad de fuego, en el incendio de Yeste. En sombreado aparecen las parcelas erróneamente determinadas por cada método. Las últimas cinco líneas sintetizan el número total de errores cometido, el acuerdo obtenido en las matrices de confusión para los diferentes grados de severidad de fuego y el global con su intervalo de confianza y, finalmente, el coeficiente *Kappa* de cada matriz. (La leyenda de métodos es: DIFNORM NDVI: diferencia normalizada de NDVI; DIF NDVI: diferencia de NDVI; DIFNDVI/NDVIpre: diferencia de NDVI con respecto al NDVI previo al fuego. El resto es igual, pero usando NBR).

Si observamos esta tabla resumen (Tabla 25), llama la atención la presencia de algunas parcelas mal asignadas en todos los procesos clasificatorios, con respecto a la discriminación realizada en campo o fotografía aérea. Así:

- La parcela 61, ha sido considerada como no quemada en la observación de la fotografía aérea. En este caso, cabe la duda de una posible mala discriminación usando sistema. Debe considerarse que este vuelo se realizó 3 años después de producirse el incendio y, por tanto, si en una zona fue muy poco severo, es decir, estamos en el umbral inferior de la clase, prácticamente es imposible de distinguirlo en la fotografía pasados los años. No así en el campo, donde apreciaríamos evidencias del fuego en la base de los troncos, ennegrecimiento de algunas piedras, etc. Sin embargo, también podría ser que el sensor detectara una bajada en el NDVI y en el NBR, pero debido a factores diferentes al fuego (estrés hídrico local, enfermedad, etc.).
- La parcela 65 ha sido considerada en campo como de severidad baja, mientras que la mayor parte de los métodos la consideran como media. Si estudiamos los datos que para esta parcela encontramos en el campo (Anexo IV), vemos que, efectivamente, se trata de severidad baja, aunque en su límite superior. Quizá sea ésta la razón de la sobreestimación en la clasificación.
- La parcela 77 aparece determinada en la fotografía como de severidad media, mientras que la mayor parte de los métodos de clasificación digital, lo determinan claramente como baja. El motivo puede ser que, parte de la vegetación tras el paso inmediato del fuego, quedara verde y el sensor la considerase como viva, y

que pasado un periodo de tiempo muriera, con lo que este desajuste temporal conllevaría al error.

Con respecto a los métodos aplicados, a la luz de la tabla resumen (Tabla 25), comprobamos que son dos los que comparten los mejores resultados en la determinación de la severidad del fuego en el caso de estudio del incendio de Yeste: diferencia normalizada de NDVI y diferencia de NDVI, relativo al NDVI previo. Ambos tienen unos acuerdos de: 84,00, 72,41 y 95,83% para las severidades baja, media y alta respectivamente. El acuerdo global es prácticamente del 84% ($\pm 6,47$).

El siguiente método que mejores resultados ofrece es el de diferencia de NDVI (65,43% de acuerdo global), seguido muy de cerca por el de diferencia de NBR y del de diferencia normalizada de NBR, ambos con 62,96% de acuerdo global. Teniendo en cuenta que en nuestro estudio debemos mostrar mayor atención a la determinación de las clases de severidad más altas, ya que suponen mayor desprotección del suelo y, por tanto, mayor peligro de erosión, nos puede hacer dudar entre los dos primeros métodos (difNDVI y difNBR), porque aunque el primero tenga un acuerdo global superior, el de diferencia de NBR aumenta levemente la eficacia en la determinación de la severidad alta. Sin embargo, observando el acuerdo en la severidad media, comprobamos que la diferencia es sustancialmente superior, con lo cual podemos mantenernos en que el método de diferencia de NDVI, sería ligeramente más adecuado en este incendio, que el de diferencia de NBR.

En cuanto al método de diferencia normalizada de NBR aunque, como hemos comentado, su acuerdo global es idéntico al de la diferencia de NBR, la comprobación de los pobres resultados que ofrece para las clases de severidad más alta, nos lleva a descartarlo sin dilación.

Finalmente, el método de diferencia de NBR, relativo al NBR previo al fuego, queda totalmente rechazado debido a sus malos resultados en todas las clases.

Centrándonos en los métodos que ofrecen los mejores resultados, apreciamos en su matriz de acuerdo (Tabla 19) que, en el caso de la severidad alta, tan solo aparece una parcela erróneamente clasificada, la parcela 12, que debería haber sido asignada a la severidad media, es decir, se ha sobreestimado su severidad. Si en el Anexo IV, comprobamos los datos observados en campo, apreciaremos que, efectivamente, se trata de una parcela de severidad media. La razón de esta errónea clasificación puede ser debida a la asincronía entre trabajo de campo y adquisición de la imagen, pudiendo haberse recuperado el ecosistema mucho mejor de lo esperado, enmascarando la gravedad inicial de la severidad del fuego. Algunos autores (Key and Benson, 2004b), señalan que el análisis de imágenes justo tras el fuego, puede sobreestimar determinadas severidades.

La severidad media, es la que tiene el acuerdo más bajo y el mayor número de parcelas erróneamente clasificadas (8). Autores como Ryan (2002), hablan de esta clase como “amplia”, ya que sus límites superiores e inferiores pueden ser flexibles y subjetivos.

De las 8 parcelas mal clasificadas, se sobreestima su valor en 4 (parcelas 39, 49, 65 y 67). El problema puede venir por las mismas causas del caso anterior: asincronía de imagen/trabajo de campo o efecto de la imagen postincendio. Por otro lado, subestima otras 4 (parcelas 17, 18, 33 y 34), que deberían haber sido incluidas por el sensor en la clase severidad baja. Ésto también puede ser debido a la asincronía de procesos. Así, una parcela puede quedar con parte de su cubierta verde tras el paso de las llamas y el sensor, por tanto, determinarla como ligeramente quemada. Sin embargo, puede no estar en condiciones de mantenerse o recuperarse y fenecer poco después. Es decir, años después encontraremos una parcela moderada o severamente afectada que, justo tras el fuego, guardaba aparentemente parte de su estructura viva y verde, habiendo sido clasificada entonces como de severidad baja o moderada.

Finalmente, en la clase severidad baja, el proceso sobreestima una parcela, la 61, que en ortofotografía había sido determinada como no quemada. En este sentido, y tal y como hemos comentado previamente, es fácil entender que pequeños cambios en la comparación de las fotografías aéreas son difíciles de determinar. En el caso de una inspección de campo, aunque la vegetación se haya recuperado de forma extraordinaria, suele ser sencillo encontrar vestigios del fuego, a partir de marcas en los troncos, piedras oscurecidas por el humo, etc. Es decir, en esta parcela puede existir una duda razonable sobre su correcta determinación usando la fotografía aérea. Por otro lado, aparecen 2 parcelas de severidad media (32 y 77) y una de severidad alta (78) adjudicadas por el método a la clase más baja. La explicación que puede darse a estos errores es que, en ocasiones, las severidades dentro de una parcela están compuestas por mezclas de éstas, pudiendo, desde el punto de vista de observador, en el campo, tener una imagen diferente a la obtenida desde el sensor. En este sentido, Bobbe *et al.* (2001b), hacen una consideración muy interesante apuntando que en numerosas ocasiones, es prácticamente imposible eliminar el efecto de la diferente perspectiva hallada desde lo alto (clasificación de satélite) y desde suelo (análisis de campo) y, por tanto, debemos esperar discrepancias en la clasificación campo/sensor.

Si comparamos los resultados obtenidos por los métodos considerados como más eficientes (diferencia normalizada de NDVI y diferencia de NDVI relativo al NDVI previo al fuego), con los conseguidos por otros autores en trabajos similares, podemos ver que son parecidos. Así, White *et al.* (1996) obtienen 77,5%, 56,0% y 38,5% para las clases baja, media y alta respectivamente; y de un 63,0 % como acuerdo global, utilizando una clasificación de la banda TM 7 de Landsat en Glacier National Park (EE.UU). Navarro *et al.* (2001), para tres grados de severidad (no quemado, moderado y extremo) obtienen un acuerdo global del 97,5%, con 100% en los grados de severidad máxima y moderada, aplicado a un incendio en Andalucía y usando clasificación multiespectral supervisada. Bobbe *et al.* (2001b) estudian 7 incendios producidos en EE.UU. (en los estados de Oregón, Utah, Colorado y California) y encuentran acuerdos del 61, 53 y 67% (severidades baja, media y alta respectivamente), y del 60% como global, utilizando umbralización del NBR en una imagen. Obtienen 36, 42 y 68% (con 50% de acuerdo global), si aplican una diferencia multitemporal del NBR. Shakesby *et al.* (2003) obtienen un acuerdo global superior al 87% (no especifican el acuerdo por clase de severidad), utilizando el método de diferencia de NDVI en un incendio en Nattai National Park (Australia).

VII.1.2.- Caso de estudio 2: incendio de Almansa.

Aplicando los métodos de estimación de la severidad de fuego mediante teledetección al caso de Almansa, obtenemos los siguientes resultados:

VII.1.2.1.- Métodos basados en la aplicación del NDVI.

VII.1.2.1.1.- Diferencia Normalizada del NDVI.

El cruce de las 69 parcelas examinadas en campo con el mapa obtenido por diferencia normalizada de NDVI, nos lleva a establecer los siguientes umbrales para las clases de severidad baja, media y alta: (9-31), (32-55), (56-140). La matriz de acuerdo de estas parcelas con respecto al mapa, una vez clasificado, es la siguiente (Tabla 26):

CAMPO SENSOR	NO QUEMADO	SEVER. BAJA	SEVER. MEDIA	SEVER. ALTA	TOTAL	ACUERDO %
NO QUEMADO	2	1			3	66,67
SEVERIDAD BAJA 9-31		14	2		16	87,50
SEVERIDAD MEDIA 32-55		7	17	2	26	65,38
SEVERIDAD ALTA 56-140			1	23	24	95,83
TOTAL	2	22	20	25	69	81,16 (±6,37)

Tabla 26: Matriz de acuerdo entre las 69 parcelas examinadas en el campo y su equivalente en el mapa obtenida según el método de diferencia normalizada de NDVI. El acuerdo para cada clase, así como el global (incluido el intervalo de confianza para una probabilidad de acuerdo del 95%), se presentan en la última columna.

Aplicando el estadístico *Kappa* (κ) a la matriz de la Tabla 26 es 0,73, lo que significa que la clasificación es un 73% mejor que lo esperable aleatoriamente.

A raíz de los resultados de la matriz de acuerdo (Tabla 26), comprobamos que los mejores resultados se obtienen en la severidad alta (95,83%), encontrando, tan solo, una parcela erróneamente clasificada determinada en el campo como de severidad media. Le sigue en fiabilidad la severidad baja, en donde el acuerdo entre el método y la clasificación de campo es del 87,50%. Dos son las parcelas que el método asigna

erróneamente a esta clase y que pertenecen a la severidad media. Finalmente, la severidad media tiene el acuerdo más bajo, con 65,38%, habiéndose asignado 7 parcelas a severidad baja y otras 2 a severidad alta, de un total de 26 clasificadas. El acuerdo global es del 81,16%, con un intervalo de confianza de $\pm 6,37$.

VII.1.2.1.2.- Diferencia normalizada del NDVI.

A partir de los valores obtenidos en el cruce entre las parcelas de muestreo y el mapa de diferencia de NDVI, se ha determinado que los rangos para cada severidad son los siguientes: baja: (8-22), media (23-30), alta (31-60). Con éstos, se ha construido la siguiente matriz de acuerdo (Tabla 27):

CAMPO SENSOR	NO QUEMADO	SEVER. BAJA	SEVER. MEDIA	SEVER. ALTA	TOTAL	ACUERDO %
NO QUEMADO	2	1			3	66,67
SEVERIDAD BAJA 8-22		16	5	1	22	72,72
SEVERIDAD MEDIA 23-30		5	12	6	23	52,17
SEVERIDAD ALTA 31-60			3	18	21	85,71
TOTAL	2	22	20	25	69	69,56 ($\pm 7,49$)

Tabla 27: Matriz de acuerdo entre las 69 parcelas examinadas en campo y el mapa clasificado según el método de diferencia de NDVI. Junto al acuerdo global se ha incluido el intervalo de confianza para una probabilidad de acuerdo del 95%.

El estadístico *Kappa* (κ) para la Tabla 27 es 0,56.

Al igual que en el caso anterior, el acuerdo máximo lo encontramos en la severidad alta, con el 85,71% (3 errores en 21 parcelas), seguido de la severidad baja: 72,72% (de 22 parcelas, 5 pertenecían a la severidad media y 1 a la alta), y la severidad media con 52,17% (de 23 parcelas, 5 correspondían a la severidad baja y 6 a la alta). El acuerdo global es del 69,56%, con un intervalo de confianza de $\pm 7,49$.

VII.1.2.1.3.- Diferencia del NDVI / NDVI preincendio.

A partir del cruce de las parcelas examinadas en campo con el mapa resultado de la diferencia de NDVI respecto al NDVI previo al incendio, los rangos que se han

determinado como más adecuados para cada una de las clases son: (14-48), (49-71), (72-100). La matriz de acuerdo entre la severidad encontrada por el método y los valores verdad terreno es la siguiente

Tabla 28):

CAMPO SENSOR	NO QUEMADO	SEVER. BAJA	SEVER. MEDIA	SEVER. ALTA	TOTAL	ACUERDO %
NO QUEMADO	2	1			3	66,67
SEVERIDAD BAJA 14-48		13	3		16	81,25
SEVERIDAD MEDIA 49-71		8	15	2	25	60,00
SEVERIDAD ALTA 72-100			2	23	25	92,00
TOTAL	2	22	20	25	69	76,81 (±6,87)

Tabla 28: Matriz de acuerdo entre las 69 parcelas examinadas en campo, y el mapa clasificado según el método de diferencia de NDVI en relación al NDVI previo. Junto al acuerdo global se ha incluido el intervalo de confianza para una probabilidad de acuerdo del 95%.

El estadístico *Kappa* (κ) en este caso es 0,66.

Del mismo modo que en los métodos anteriores, la pauta de comportamiento en los diferentes grados de severidad coincide: el máximo valor de acuerdo lo encontramos en la severidad alta con un 92%: aparecen 2 parcelas erróneamente clasificadas y que corresponden a la severidad media. Seguidamente, la severidad baja, con 81,25% (de 16 parcelas determinadas por el método, 3 se estimaron en campo como de severidad media). Finalmente la severidad media, con un 60% de aciertos, y 10 errores (8 parcelas de severidad baja y 2 de alta, de un total de 25). El acuerdo global es del 83,95%, con un intervalo de confianza de $\pm 6,87$.

VII.1.2.2.- Métodos basados en la aplicación del NBR.

VII.1.2.2.1.- Diferencia del NBR

En la Tabla 29, se presenta la matriz de acuerdo de valores de severidad determinados en campo con respecto al mapa obtenido por diferencia normalizada de NBR, una vez ajustados los límites. Estos valores umbral han sido seleccionados basándonos fundamentalmente en los valores recomendados por el autor de la ratio: severidad baja: (100-338), severidad media (339-537), severidad alta (538-1350).

El estadístico *Kappa* (κ) para la matriz obtenida (Tabla 29) es 0,46. Observando esta matriz de correlación comprobamos que, los mejores valores de acuerdo los encontramos en la severidad alta (71,88%); de 32 parcelas clasificadas en esta clase, 6 pertenecían a la clase media y 3 a la baja. En el caso de la severidad baja, el acuerdo es del 64,29%: de 14 parcelas determinadas por el método para esta clase, 5 han sido erróneamente clasificadas: 1 de no quemado, 3 de severidad media y 1 de severidad alta. Finalmente, la severidad media tiene el acuerdo más bajo: 50,00%, habiéndose determinado 10 parcelas que corresponderían a severidad baja y 1 a severidad alta, de un total de 22 clasificadas. El acuerdo global es prácticamente del 63,77%, con un intervalo de confianza de $\pm 7,82$.

CAMPO SENSOR	NO QUEMADO	SEVER. BAJA	SEVER. MEDIA	SEVER. ALTA	TOTAL	ACUERDO %
NO QUEMADO	1				1	100,00
SEVERIDAD BAJA 100-338	1	9	3	1	14	64,29
SEVERIDAD MEDIA 339-537		10	11	1	22	50,00
SEVERIDAD ALTA 538-1350		3	6	23	32	71,88
TOTAL	2	22	20	25	69	63,77 ($\pm 7,82$)

Tabla 29: Matriz de acuerdo entre las 69 parcelas examinadas en campo y el mapa clasificado según el método de diferencia de NBR, en el caso de Almansa. Junto al acuerdo global se ha incluido el intervalo de confianza para una probabilidad de acuerdo del 95%.

VII.1.2.2.2.- Diferencia normalizada del NBR

Con los valores obtenidos en el cruce entre las parcelas de muestreo y el mapa de diferencia normalizada de NBR, se ha determinado que los rangos para cada severidad son los siguientes: severidad baja (359-1000), media: (1001-2400), alta: (2401-40000) y (-)3000-(-)40000. Los valores negativos se presuponen como de severidad alta, ya que considerando que los valores quemados son casi todos negativos, ello significa que el valor de la imagen postincendio, en modulo, es mayor que el de la preincendio, con lo cual la pérdida ha sido superior a aquella de la que partíamos.

En esta ocasión (Tabla 30), el estadístico *Kappa* (κ) es 0,66.

Siguiendo la tendencia generalizada, el mayor acuerdo se obtiene en la severidad alta, en donde el método clasifica tan solo una parcela erróneamente (de un total de 25), que en el campo se determinó como de severidad media. Le sigue la severidad

baja, con un acuerdo del 68,18% y 7 parcelas mal determinadas: 6 de severidad media y 1 de alta. Finalmente, la severidad baja, con el 63,16% de acuerdo y 7 parcelas incorrectamente determinadas. El acuerdo global es del 76,81%, con un intervalo de confianza de $\pm 6,87$.

CAMPO SENSOR	NO QUEMADO	SEVER. BAJA	SEVER. MEDIA	SEVER. ALTA	TOTAL	ACUERDO %
NO QUEMADO	2		1		3	66,67
SEVERIDAD BAJA 359-1000		15	6	1	22	68,18
SEVERIDAD MEDIA 1001-2400		7	12		19	63,16
SEVERIDAD ALTA 2401-40000; -3000-(-40000)			1	24	25	96,00
TOTAL	2	22	20	25	69	76,81 ($\pm 6,87$)

Tabla 30: Matriz de acuerdo entre las 69 parcelas examinadas en campo y el mapa clasificado según el método de diferencia normalizada de NBR en el caso de estudio de Almansa. Junto al acuerdo global se ha incluido el intervalo de confianza para una probabilidad de acuerdo del 95%.

VII.1.2.2.3.- Diferencia del NBR / NBR preincendio.

A partir del cruce de las parcelas examinadas en campo con el mapa resultado de la diferencia de NBR entre el NBR previo al incendio, se han determinado los siguientes rangos en las clases: severidad baja, media y alta: (520-954), (955-1370), (1371-3000). La matriz de acuerdo entre la severidad encontrada por el método y los valores verdad terreno figuran en la Tabla 31.

El estadístico *Kappa* (κ) en esta matriz es 0,62, lo que indica que la clasificación es un 62% mejor que lo esperable aleatoriamente.

Observamos que el máximo valor de acuerdo aparece en la severidad alta con un 96%: encontramos tan solo 1 parcela mal clasificada (de un total de 25 determinadas por el método en esta clase). En cuanto a la severidad baja, 6 son las parcelas erróneamente clasificadas (5 de severidad media y 1 de alta), de un total de 18. Finalmente la severidad media, con un 56,52% de aciertos y 10 parcelas que se han referido a la severidad baja, de un total de 23. El acuerdo global es prácticamente del 74%, con un intervalo de confianza de $\pm 7,15$.

CAMPO SENSOR	NO QUEMADO	SEVER. BAJA	SEVER. MEDIA	SEVER. ALTA	TOTAL	ACUERDO %
NO QUEMADO	2		1		3	66,67
SEVERIDAD BAJA 520-954		12	5	1	18	66,67
SEVERIDAD MEDIA 955-1370		10	13		23	56,52
SEVERIDAD ALTA 1371-3000			1	24	25	96,00
TOTAL	2	22	20	25	69	73,91 ($\pm 7,15$)

Tabla 31: Matriz de acuerdo entre las 69 parcelas examinadas en campo y el mapa clasificado según el método de diferencia normalizada de NBR relativo al NBR previo al fuego, en el caso de estudio de Almansa. Junto al acuerdo global se ha incluido el intervalo de confianza para una probabilidad de acuerdo del 95%.

VII.1.2.3.- Resumen y discusión de resultados: incendio de Almansa.

Siguiendo el esquema del caso anterior (Yeste), para poder analizar con mayor facilidad los resultados de todos los métodos aplicados en el incendio de Almansa, hemos construido una tabla que sintetiza los obtenidos por todos ellos (Tabla 32). En ésta se indica la severidad establecida en el campo, y la determinada por el sensor en cada método. En las últimas líneas se han incluido los siguientes datos: el número de errores cometidos, el acuerdo en cada clase y el global, y el coeficiente *Kappa*.

PARC Nº	SEVERIDAD CAMPO	SEVERIDAD SENSOR					
		DIFNORM NDVI	DIF NDVI	DIFNDVI/ NDVI_{pre}	DIF NBR	DIFNORM NBR	DIFNBR/ NBR_{pre}
1	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media
2	Baja	Media	Media	Media	Baja	Media	Media
3	Baja	Media	Media	Media	Media	Baja	Media
4	Baja	Media	Media	Media	Media	Media	Media
5	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media
6	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
7	Alta	Media	Media	Media	Baja	Baja	Baja
8	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
9	Media	Media	Media	Media	Baja	Baja	Baja
10	Media	Media	Media	Media	Media	Baja	Baja
11	Baja	Baja	Baja	Baja	Media	Baja	Baja

12	Baja	Baja	Media	Media	Media	Baja	Baja
13	Media	Media	Media	Media	Media	Baja	Baja
14	Baja	Baja	Baja	Baja	Alta	Media	Media
15	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media
16	Baja	No quemado	No quemado	No quemado	Alta	Media	Media
17	Baja	Baja	Baja	Baja	Media	Baja	Media
18	Media	Media	Baja	Media	Media	Baja	Baja
19	Media	Media	Alta	Media	Alta	Media	Media
20	Baja	Baja	Baja	Baja	Media	Baja	Media
21	Media	Media	Media	Media	Alta	Media	Media
22	Media	Media	Media	Media	Media	Baja	Media
23	Media	Media	Baja	Baja	Media	Media	Media
24	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
25	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
26	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media
27	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
28	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
29	Media	Alta	Alta	Alta	Alta	Media	Media
30	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media
31	Media	Media	Baja	Media	Media	Media	Media
32	Media	Baja	Baja	Baja	Baja	No quemado	No quemado
33	Baja	Media	Media	Media	Media	Media	Media
34	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
35	Baja	Media	Baja	Baja	Alta	Baja	Baja
36	Media	media	Alta	Alta	Alta	Media	Media
37	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
38	Media	Media	Media	Media	Alta	Media	Media
39	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
40	Alta	Alta	Media	Alta	Alta	Alta	Alta
41	Media	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
42	Alta	Alta	Media	Alta	Alta	Alta	Alta
43	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
44	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
45	Alta	Alta	Media	Alta	Alta	Alta	Alta
46	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
47	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
48	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
49	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
50	No quemado	No quemado	No quemado	No quemado	Baja	No quemado	No quemado
51	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
52	Baja	Baja	Baja	Media	Baja	Baja	Baja

53	Baja	Baja	Baja	Baja	Media	Media	Media
54	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
55	Baja	Media	Baja	Media	Media	Baja	Baja
56	Baja	Media	Baja	Media	Baja	Media	Media
57	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
58	No quemado	No quemado	No quemado	No quemado	No quemado	No quemado	No quemado
59	Alta	Media	Baja	Media	Media	Alta	Alta
60	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
61	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
62	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
63	Alta	Alta	Media	Alta	Alta	Alta	Alta
64	Media	Media	Media	Media	Alta	Alta	Alta
65	Baja	Baja	Baja	Baja	Media	Baja	Baja
66	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
67	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
68	Alta	Alta	Media	Alta	Alta	Alta	Alta
69	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
TOTAL ERRORES		13	21	16	25	16	18
ACUERDO SEV. BAJA		86,67	72,72	81,25	64,29	68,18	66,67
ACUERDO SEV. MEDIA		65,38	52,17	60,00	50,00	63,16	56,52
ACUERDO SEV. ALTA		95,83	85,71	92,00	71,88	96,00	96,00
ACUERDO MEDIO		81,16 (±6,37)	69,56 (±7,49)	76,81 (±6,87)	63,77 (±7,82)	76,81 (±6,87)	73,91 (±7,15)
KAPPA		0,73	0,56	0,66	0,46	0,66	0,62

Tabla 32: Resumen de resultados obtenidos en la clasificación de la severidad de fuego para el incendio de Almansa, en los diferentes métodos estudiados. En sombreado aparecen las parcelas erróneamente determinadas por cada método. Las últimas cinco líneas sintetizan el número total de errores cometido, el acuerdo obtenido en las matrices de confusión para los diferentes grados de severidad de fuego y el global con su intervalo de confianza y, finalmente, el coeficiente *Kappa* de cada matriz. (La leyenda de métodos es: DIFNORM NDVI: diferencia normalizada de NDVI; DIF NDVI: diferencia de NDVI; DIFNDVI/NDVIpre: diferencia de NDVI con respecto al NDVI previo al fuego. El resto es igual, pero usando NBR).

Al igual que en el caso de Yeste, si observamos la tabla resumen (Tabla 32), llama la atención la presencia de algunas parcelas erróneamente determinadas por los métodos de clasificación, con respecto a la discriminación realizada en campo. Así:

- En las parcelas 4 y 33, todos los procedimientos de teledetección sobreestiman la severidad. En el campo han sido consideradas como de severidad baja, mientras que todos los métodos las han clasificado como de

severidad media. La razón podría estar en que las imágenes utilizadas fueron tomadas por el sensor, menos de un mes después de producirse el fuego, mientras el estudio de campo se hizo en la estación de crecimiento posterior a su extinción. Las lluvias del otoño y primavera pueden mitigar parcialmente los síntomas de la severidad, catalogando en campo la severidad por debajo de la que hubiéramos obtenido en una evaluación inmediatamente después del incendio.

- Por el contrario, en las parcelas 7, 32 y 41 todos los métodos aplicados infraestiman la severidad del fuego. La causa podría estar en que, inicialmente, poco después del fuego y en determinadas condiciones, cierta vegetación quemada puede mantener partes verdes pero, pasado un tiempo, una buena proporción de éstas morirán (Key and Benson, 2004b).
- En la parcela 16, determinada en campo como de severidad baja, los métodos basados en el NDVI no detectan síntomas suficientes para clasificarla como quemada, mientras que los que usan NBR sobreestiman su severidad.

Con respecto a los métodos aplicados, a la luz de la tabla resumen (Tabla 32), comprobamos que vuelve a ser el método de diferencia normalizada de NDVI, el que tiene un acuerdo más alto en todas las clases de severidad de fuego (86,67% en severidad baja, 65,38 en media, 95,83% en alta y 81,16% en la global ($\pm 6,37$)). También es el que menor número de errores comete (13) y tiene el estadístico *Kappa* mayor (0,73). Le siguen en exactitud los métodos de diferencia de NDVI con respecto al NDVI previo al fuego y el de diferencia normalizada de NBR, con el mismo acuerdo global (76,81% ($\pm 6,87$)). De entre estos dos últimos, se debería elegir el segundo, ya que el acuerdo en las clases más importantes (severidad alta y media) es superior.

Los resultados obtenidos por el método de diferencia de NBR, relativo al NBR preincendio, se aproxima en eficiencia al anterior. Tiene un acuerdo global = 73,93% ($\pm 7,15$) y comete 18 errores. Le sigue el de diferencia de NDVI con 69,56% ($\pm 7,49$) y, finalmente, el de diferencia de NBR con acuerdo de 63,77% ($\pm 7,82$).

Haciendo un pequeño análisis del método que obtiene los mejores resultados (*Diferencia normalizada de NDVI*), además de lo expuesto en su apartado correspondiente (VII.1.2.1), podemos comentar que en el caso de la severidad alta (Tabla 26), aparece una parcela cuyo valor de severidad se ha sobreestimado (parcela 29). Como se ha razonado en el caso de Yeste, el error puede deberse a la asincronía entre trabajo de campo y adquisición de la imagen, efecto de la adquisición de la imagen justo tras el fuego, buena recuperación de la parcela, etc.

De idéntica forma que en el estudio de Yeste, la severidad media muestra el mayor número de parcelas erróneamente clasificadas (9 de 26), y por tanto, el acuerdo más bajo (65,38%), y las razones apuntan en el mismo sentido que las indicadas en el citado incendio (VII.1.3), la amplitud de la clase, asincronía de la adquisición de la imagen con respecto al estudio de campo, etc. Así, de las 9 parcelas mal clasificadas, sobreestima su valor en 2 (parcelas 7 y 59), y subestima otras 7 parcelas (2, 3, 4, 33, 35, 55 y 56).

Por último, en la severidad baja, 2 parcelas (la 32 y 41) resultan subestimadas. El razonamiento que podemos dar al error es mismo que en el incendio de Yeste (VII.1.2), la diferente perspectiva de observación sensor / trabajo de campo (Bobbe *et al.*, 2001).

Los resultados obtenidos por el método de diferencia normalizada de NDVI, al igual que en el caso del incendio de Yeste, son similares a los alcanzados por otros estudios similares (White *et al.*, 1996; Bobbe *et al.*, 2001b; Navarro *et al.*, 2001; Shakesby *et al.*, 2003).

VII.1.3.- Caso de estudio 3: incendio de Liétor.

A continuación se muestran los resultados que se obtienen aplicando los 6 procesos de teledetección para la estimación de la severidad del fuego, en el incendio de Liétor. Son los siguientes:

VII.1.3.1.- Métodos basados en la aplicación del NDVI.

VII.1.3.1.1.- Diferencia normalizada del NDVI.

CAMPO SENSOR	NO QUEMADO	SEVER. BAJA	SEVER. MEDIA	SEVER. ALTA	TOTAL	ACUERDO %
NO QUEMADO	4	1			5	80,00
SEVERIDAD BAJA 14-29		6			6	100,00
SEVERIDAD MEDIA 30-43		2	6	3	11	54,55
SEVERIDAD ALTA 44-150				10	10	100,00
TOTAL	4	9	6	13	32	81,25 ±4,33

Tabla 33: Matriz de acuerdo entre las 32 parcelas examinadas en el incendio de Liétor y el mapa clasificado según el método de diferencia normalizada de NDVI. Junto al acuerdo global se ha incluido el intervalo de confianza para una probabilidad de acuerdo del 95%.

Para seleccionar los umbrales que corresponden a cada clase de severidad, las parcelas examinadas en campo han sido superpuestas al mapa de diferencia normalizada de NDVI. Así hemos obtenido los siguientes límites: 14-29 para la severidad baja, 30-43 para la media y 44-150 para la alta. En la matriz de contingencia de la Tabla 33, observamos el acuerdo final obtenido.

Aplicando el estadístico *Kappa* (κ) a la matriz de la Tabla 33, obtenemos que la clasificación es un 74% mejor que lo esperable aleatoriamente ($\kappa = 0,74$).

Observamos que el acuerdo en las severidad alta y baja es el máximo (100,00%). En cuanto a la severidad media, su acuerdo es del 54,55%, habiendo clasificado 5 parcelas erróneamente de un total de 11: 2 que corresponden a la severidad baja y 3 a la severidad alta. El acuerdo global es del 81,25%, con un intervalo de confianza de $\pm 4,33$.

VII.1.3.1.2.- Diferencia del NDVI.

A partir de los valores obtenidos en el cruce entre las parcelas de muestreo y el mapa de diferencia de NDVI, se ha determinado que los rangos para cada severidad son los siguientes: baja: 4-12, media: 13-17, alta: 18-50. La matriz de acuerdo es la presentada en la Tabla 34. El estadístico *Kappa* (κ) determinado es 0,37.

CAMPO SENSOR	NO QUEMADO	SEVER. BAJA	SEVER. MEDIA	SEVER. ALTA	TOTAL	ACUERDO %
NO QUEMADO	4				4	100,00
SEVERIDAD BAJA 4-12		8	2		10	80,00
SEVERIDAD MEDIA 13-17			1	8	9	11,11
SEVERIDAD ALTA 18-50		1	3	5	9	55,56
TOTAL	4	9	6	13	32	56,25 \pm 5,50

Tabla 34: Matriz de acuerdo entre las 32 parcelas examinadas en el campo y el mapa obtenido según el método de diferencia de NDVI, en el caso de estudio de Liétor. Junto al acuerdo global se ha incluido el intervalo de confianza para una probabilidad de acuerdo del 95%.

En este caso, apreciamos que el acuerdo máximo lo encontramos en la severidad baja, con el 80,00% (2 errores en 10 parcelas), seguido de la severidad alta: 55,56% (de 9 parcelas, 3 pertenecían a la severidad media y 1 a la baja). Llama la atención el bajo acuerdo encontrado en la severidad media: 11,11% (de 9 parcelas, sólo acierta en 1 y 8 son erróneas, de severidad alta). Puede ser debido a que, en este ecosistema, la cobertura es más escasa que en el resto, predominando en muchos lugares el matorral frente al arbolado. Como apuntan Key and Benson (2004b), en estos casos los sensores tienden a subestimar ligeramente la severidad. El acuerdo global es del 56,25%, con un intervalo de confianza de $\pm 5,50$.

VII.1.3.1.3.- Diferencia del NDVI / NDVI preincendio.

La matriz de acuerdo, entre el valor de severidad obtenido en la determinación en el campo y los puntos homónimos clasificados a partir del método de diferencia de NDVI con respecto al NDVI previo al incendio, se representa en la Tabla 35. Los intervalos seleccionados para cada rango de severidad, basándonos en las parcelas maestras, han sido: 20-46, para la severidad baja, 47-60 para la media y 61-140 para la alta. El estadístico *Kappa* (κ) en la obtenido alcanza un valor de 0,74.

El máximo valor de acuerdo aparece en la severidad alta con el 100%. El siguiente grupo mejor clasificado es el de la severidad baja, con 87,5%, errando sólo en una parcela de 7 las clasificadas por el método. Finalmente la severidad media proporciona un 55,56% de aciertos: de 9 parcelas, 3 correspondían a la severidad alta y una a la baja. El acuerdo global es del 81,25%, con un intervalo de confianza de $\pm 4,33$.

CAMPO SENSOR	NO QUEMADO	SEVER. BAJA	SEVER. MEDIA	SEVER. ALTA	TOTAL	ACUERDO %
NO QUEMADO	4	1			5	80,00
SEVERIDAD BAJA 20-46		7	1		8	87,50
SEVERIDAD MEDIA 47-60		1	5	3	9	55,56
SEVERIDAD ALTA 61-140				10	10	100,00
TOTAL	4	9	6	13	32	81,25 $\pm 4,33$

Tabla 35: Matriz de acuerdo entre las 69 parcelas examinadas en el campo y el mapa clasificado según el método de diferencia normalizada de NDVI relativo al NDVI previo al fuego. Junto al acuerdo global se ha incluido el intervalo de confianza para una probabilidad de acuerdo del 95%.

VII.1.3.2.- Métodos basados en la aplicación del NBR.

VII.1.3.2.1.- Diferencia del NBR.

El cruce de las parcelas examinadas en el campo con el mapa obtenido por diferencia de NBR, facilita la determinación de los valores límite en cada clase de severidad. Los intervalos seleccionados han sido: severidad baja: 100-270, severidad media: 271-342, severidad alta: 343-1350. La matriz de confusión queda recogida en la Tabla 36.

CAMPO SENSOR	NO QUEMADO	SEVERIDAD BAJA	SEVERIDAD MEDIA	SEVERIDAD ALTA	TOTAL	ACUERDO %
NO QUEMADO	4				4	100,00
SEVERIDAD BAJA 100-270		8	1		9	88,89
SEVERIDAD MEDIA 271-342		1	3	3	7	42,86
SEVERIDAD ALTA 343-1350			2	10	12	83,33
TOTAL	4	9	6	13	32	78,13 ±4,58

Tabla 36: Matriz de acuerdo entre las 32 parcelas examinadas en el campo y el mapa clasificado según el método de diferencia de NBR, en el caso de Liétor. Junto al acuerdo global se ha incluido el intervalo de confianza para una probabilidad de acuerdo del 95%.

El estadístico *Kappa* (κ) para la esta matriz es 0,69.

Observamos en la tabla que el mejor acuerdo se encuentra en la severidad baja (88,89%), errando el método en una parcela de 9 clasificadas. Seguidamente, la severidad alta (83,88%) que falla en dos parcelas, clasificadas en campo como de severidad media. Para finalizar, la severidad media, con el 42,86% y 4 parcelas mal clasificadas, una que debería haber sido asignada a la severidad baja y 3 a la media.

VII.1.3.2.2.- Diferencia normalizada del NBR.

La matriz de acuerdo entre las parcelas examinadas en campo y su valor en el mapa obtenido por diferencia normalizada de NBR, se expone en la Tabla 37. Los intervalos seleccionados para cada rango de severidad han sido: severidad baja: 340-930, severidad media: 931-1600, y severidad alta: 1601-300000; -3000-(-60000).

El valor de *Kappa* (κ) en este caso es 0,74, indicando que es un 74% mejor que lo esperado aleatoriamente.

El máximo valor de acuerdo aparece en la severidad alta con un 92,31%. Encontramos tan solo 1 parcela mal clasificada (de un total de 13 determinadas por el método en esta clase). Le sigue de cerca la severidad baja (85,71%), con igualmente 1 parcela erróneamente clasificada de un total de 7. Finalmente la severidad media, con un 57,14% de aciertos y 3 errores en un total de 7 parcelas determinadas por el método para esta clase (2 de severidad baja y 1 de alta). El acuerdo global es del 81,25%, con un intervalo de confianza de $\pm 4,33$.

CAMPO SENSOR	NO QUEMADO	SEVER. BAJA	SEVER. MEDIA	SEVER. ALTA	TOTAL	ACUERDO %
NO QUEMADO	4	1			5	80,00
SEVERIDAD BAJA 340-930		6	1		7	85,71
SEVERIDAD MEDIA 931-1600		2	4	1	7	57,14
SEVERIDAD ALTA 1601-300000 -3000-(-60000)			1	12	13	92,31
TOTAL	4	9	6	13	32	81,25 ±4,33

Tabla 37: Matriz de acuerdo entre las 32 parcelas examinadas en el campo y el mapa clasificado según el método de diferencia normalizada de NBR, en el caso de estudio de Liétor. Junto al acuerdo global se ha incluido el intervalo de confianza para una probabilidad de acuerdo del 95%.

VII.1.3.2.3.- Diferencia del NBR / NBR preincendio.

CAMPO SENSOR	NO QUEMADO	SEVER. BAJA	SEVER. MEDIA	SEVER. ALTA	TOTAL	ACUERDO %
NO QUEMADO	4	1			5	80,00
SEVERIDAD BAJA 500-900		6	1		7	85,71
SEVERIDAD MEDIA 901-1330		2	4	1	7	57,14
ALTA 1331-3000			1	12	13	92,30
TOTAL	4	9	6	13	32	81,25 ±4,33

Tabla 38: Matriz de acuerdo entre las 32 parcelas examinadas en el campo y el mapa clasificado según el método de diferencia normalizada de NBR relativo al NBR previo al fuego, en el caso de estudio de Liétor. Junto al acuerdo global se ha incluido el intervalo de confianza para una probabilidad de acuerdo del 95%.

Continuando con la sistemática empleada en los métodos anteriores, a continuación se refleja la tabla de correlación entre las parcelas examinadas en el campo, en el caso de estudio de Liétor, y sus equivalentes, determinadas usando el método de diferencia de NBR, relativo al NBR previo al incendio. Los intervalos seleccionados

para cada rango de severidad, basándonos en las parcelas maestras, han sido: 500-900 para la severidad baja, 901-1330 para la media y 1331-3000 para la alta.

Observamos que, curiosamente, los resultados son idénticos al procedimiento anterior, de diferencia normalizada de NBR. Es por ello, que los posibles comentarios coinciden (véase apartado: VII.1.3.2.2).

VII.1.3.3.- Resumen y discusión de resultados: incendio de Liétor.

De la misma forma que en los casos de estudio anteriores (Yeste y Almansa), los resultados obtenidos por todos los métodos aplicados en el incendio de Liétor, se han sintetizado en la

Tabla 39. Con ello facilitaremos un análisis conjunto. En el cuadro incluimos la severidad estimada en el campo y la determinada por el sensor en cada método. Asimismo, en las últimas filas, hemos recogido el número de errores cometidos, el acuerdo en cada clase y el global, así como el coeficiente Kappa.

PARC Nº	SEVERIDAD CAMPO	SEVERIDAD SENSOR					
		DIFNORM NDVI	DIF NDVI	DIFNDVI/ NDVIpre	DIF NBR	DIFNORM NBR	DIFNBR/ NBRpre
1	Alta	Media	Media	Media	Alta	Alta	Alta
2	Alta	Media	Media	Media	Alta	Alta	Alta
3	Alta	Alta	Media	Alta	Media	Alta	Alta
4	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	baja	Baja
5	Alta	Media	Media	Media	Alta	Alta	Alta
6	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
7	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media
8	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
9	Media	Media	Alta	Media	Alta	Media	Media
10	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
11	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
12	No quemado	No quemado	No quemado	No quemado	No quemado	No quemado	No quemado
13	No quemado	No quemado	No quemado	No quemado	No quemado	No quemado	No quemado
14	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
15	Media	Media	Alta	Media	Alta	media	Media
16	Alta	Alta	Alta	Alta	Media	Alta	Alta
17	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
18	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
19	No quemado	No quemado	No quemado	No quemado	No quemado	No quemado	No quemado
20	No quemado	No quemado	No quemado	No quemado	No quemado	No quemado	No quemado
21	Media	Media	Baja	Media	Media	Alta	Alta

22	Alta	Alta	Media	Alta	Alta	Alta	Alta
23	Alta	Alta	Media	Alta	Alta	Alta	Alta
24	Baja	Media	Alta	Media	Media	Baja	Baja
25	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
26	Media	Media	Alta	Media	Media	Baja	Baja
27	Baja	Media	Baja	Baja	Baja	Media	Media
28	Alta	Alta	Media	Alta	Baja	Media	Media
29	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Media	Media
30	Media	Media	Baja	Baja	Baja	Media	Media
31	Baja	No quemado	Baja	No quemado	Baja	No quemado	No quemado
32	Alta	Alta	Media	Alta	Media	Alta	Alta
Nº ERRORES		6	14	6	7	6	6
ACUERDO SEV. BAJA		100,00	80,00	87,50	88,89	85,71	85,71
ACUERDO SEV. MEDIA		54,55	11,11	55,56	42,86	57,14	57,14
ACUERDO SEV. ALTA		100,00	55,56	100,00	83,33	92,31	92,30
ACUERDO MEDIO		81,25 ±4,33	56,25 ±5,50	81,25 ±4,33	78,73 ±4,58	81,25 ±4,33	81,25 ±4,33
Kappa		0,74	0,37	0,74	0,69	0,74	0,74

Tabla 39: Resumen de resultados obtenidos en la clasificación de la severidad de fuego en el incendio de Almansa, para los diferentes métodos estudiados. En sombreado aparecen las parcelas erróneamente determinadas. Las últimas cinco líneas sintetizan el número total de errores cometido, el acuerdo obtenido en las matrices de confusión para los diferentes grados de severidad de fuego y el global con su intervalo de confianza y, finalmente, el coeficiente *Kappa* de cada matriz. (La leyenda de métodos es: DIFNORM NDVI: diferencia normalizada de NDVI; DIF NDVI: diferencia de NDVI; DIFNDVI/NDVIpre: diferencia de NDVI con respecto al NDVI previo al fuego. El resto es igual, pero usando NBR)

Contrariamente a lo sucedido en los casos de estudio anteriores, en este incendio no aparece ninguna parcela que esté erróneamente clasificada en todos los métodos, con respecto a la estimación realizada en campo. Pero sí hay errores en los tres métodos basados en el NDVI. Así:

- Comprobamos que en las parcelas 1, 2 y 5, los tres métodos subestiman la severidad, determinándola como media, cuando en el campo se han definido como de severidad alta. Una explicación podría ser que las parcelas correspondían a zonas con escasa cobertura arbórea antes del fuego. Como apuntan Key and Benson (2004b), cuando se trata de áreas con coberturas predominantes de matorral, los sensores tienden a subestimar la severidad con que el fuego afecta al ecosistema.
- Sin embargo, en la parcela 24 los tres métodos sobreestiman la severidad, cuando su cobertura arbórea es igualmente escasa. Pero observando su ficha de campo,

apreciamos que la recuperación que ha experimentado ha sido muy buena, por lo que muy probablemente, si el análisis de campo lo hubiéramos realizado de forma coetánea con la adquisición de la imagen, se hubiera determinado una severidad mayor.

Entrando en la valoración de los métodos aplicados, observando la Tabla 39, comprobamos que son 4 los métodos que aportan los acuerdos medios mejores: diferencia normalizada de NDVI, diferencia de NDVI con respecto al NDVI previo, diferencia normalizada de NBR y diferencia de NBR con respecto al NBR previo. Para determinar cual parece el más adecuado en este caso de estudio, nos fijamos en la severidad alta, que es la que principalmente nos interesa. De esta forma descartando los dos métodos basados en el NBR. De entre los dos restantes, tomaremos el de diferencia normalizada de NDVI, ya que la ligera diferencia en la severidad media, es debida a una sobreestimación de una parcela correspondiente a la severidad baja, y según diferentes autores (Key and Benson, 2004b, Parsons and Olerman, 2002) es menos grave sobre que infraestimar la severidad. A esto le sumamos un total acuerdo en la severidad baja.

Del resto de métodos, el siguiente que mejor acuerdo alcanza es el de diferencia de NBR, con un acuerdo global del 78,73% ($\pm 4,58$). Finalmente, el de diferencia de NDVI con acuerdo de 56,25% ($\pm 5,50$).

Ajustándonos ahora al método de diferencia normalizada de NDVI, recordamos que (Tabla 33), en los casos de severidad alta y baja, el acuerdo es completo (100%). En la severidad media, son 5 (de 11) las parcelas erróneamente clasificadas; la 1, 2, y 5 han sido subestimadas, debido a lo previamente comentado: cuando en el ecosistema predomina el matorral, el sensor tiende a subestimar la severidad. En cuanto a las parcelas 24 y 27, el sensor sobreestima y, al igual que hemos tratado en apartados anteriores, puede deberse a la asincronía entre la adquisición de la imagen (poco tiempo después del incendio) y el estudio de campo (3 años después).

Finalmente, si comparamos los resultados obtenidos por este método en el incendio de Liétor, con respecto a los conseguidos por otros autores en trabajos similares (White *et al.*, 1996; Bobbe *et al.*, 2001b; Navarro *et al.*, 2001; Shakesby *et al.*, 2003), vemos que, al igual que en los incendios de Yeste y Almansa, los de Liétor se encuentran dentro de los mismos órdenes de magnitud.

VII.1.4.- Resumen de los resultados en los tres incendios.

En el siguiente apartado realizaremos una síntesis y análisis globalizada de los resultados obtenidos, tras la aplicación de los distintos métodos, en los tres casos de estudio examinados. Son los siguientes:

VII.1.4.1.- Número de errores cometidos.

En la Tabla 40, se recoge el número de errores cometidos por cada uno de los métodos empleados en los tres incendios. En ella, observamos que el método de

diferencia normalizada de NDVI, es el que coincide en todos con el menor número de errores cometido. En los casos de Yeste y Liétor, el método de diferencia de NDVI, relativo al NDVI previo al incendio, obtiene resultados idénticos.

MÉTODO INCENDIO	Nº TOTAL PARC.	DIFNORM NDVI	DIF NDVI	DIFNDVI/ NDVIpre	DIF NBR	DIFNORM NBR	DIFNBR/ NBRpre
YESTE	81	13	28	13	30	30	35
ALMANSA	69	13	21	16	25	16	18
LIÉTOR	32	6	14	6	7	6	6

Tabla 40: Resumen del número de errores para cada uno de los métodos en los distintos incendios. (La leyenda de métodos es: DIFNORM NDVI: diferencia normalizada del NDVI; DIF NDVI: diferencia del NDVI; DIFNDVI/NDVIpre: diferencia del NDVI con respecto al NDVI previo al fuego. El resto es igual, pero usando NBR).

VII.1.4.2.- Acuerdo global.

El acuerdo global de la correlación entre los diferentes métodos aplicados para el cálculo de la severidad del fuego, con respecto a los valores obtenidos en el campo, se expone en la Tabla 41. En ella, y coincidiendo con los resultados anteriores, es el método de diferencia normalizada de NDVI el que coincide en todos los incendios con los mejores resultados de acuerdo global. También, en los casos de Yeste y Liétor, el método de diferencia del NDVI, relativo al NDVI previo al incendio, muestra acuerdos iguales al método propuesto.

MÉTODO INCENDIO	Nº TOTAL PARC.	DIFNORM NDVI	DIF NDVI	DIFNDVI/ NDVIpre	DIF NBR	DIFNORM NBR	DIFNBR/ NBRpre
YESTE	81	83,95 (±6,47)	65,43 (±8,39)	83,95 (±6,47)	62,96 (±8,52)	62,96 (±8,52)	56,79 (±8,74)
ALMANSA	69	81,16 (±6,37)	69,56 (±7,49)	76,81 (±6,87)	63,77 (±7,82)	76,81 (±6,87)	73,91 (±7,15)
LIÉTOR	32	81,25 ±4,33	56,25 ±5,50	81,25 ±4,33	78,73 ±4,58	81,25 ±4,33	81,25 ±4,33

Tabla 41: Resumen del acuerdo global y del intervalo de confianza obtenido por los distintos métodos aplicados a los tres casos de estudio.

Será, por tanto, el método de Diferencia Normalizada de NDVI, el seleccionado para realizar los subsiguientes procedimientos.

VII.1.4.3.- Valores umbral.

A continuación, de la Tabla 42 a la Tabla 47, se resume el rango de valores que ocupa cada nivel de severidad, en cada caso de estudio y en cada método.

DIFERENCIA NORMALIZADA DE NDVI			
SEV. DE FUEGO	YESTE	ALMANSA	LIÉTOR
BAJA	8-18	9 - 31	10-29
MEDIA	19-36	32-55	30-43
ALTA	37-100	56-140	44-150

Tabla 42: Método de diferencia normalizada de NDVI: rango de valores para cada nivel de severidad, en cada caso de estudio.

DIFERENCIA DE NDVI			
SEV. DE FUEGO	YESTE	ALMANSA	LIÉTOR
BAJA	5-14	8-22	4-12
MEDIA	15-30	23-30	13-17
ALTA	31-60	31-60	18-50

Tabla 43: Método de diferencia de NDVI: valores umbral determinados en cada nivel de severidad y en cada caso de estudio.

DIFERENCIA DE NDVI/NDVIpre			
SEV. DE FUEGO	YESTE	ALMANSA	LIÉTOR
BAJA	14-30	14-48	20-46
MEDIA	31-51	49-71	47-60
ALTA	52-100	72-100	61-140

Tabla 44: Método de diferencia de NDVI con respecto al NDVI previo al fuego: valores límite determinado en cada nivel de severidad, y en cada caso de estudio.

DIFERENCIA DE NBR			
SEV. DE FUEGO	YESTE	ALMANSA	LIÉTOR
BAJA	100-400	100-338	100-270
MEDIA	401-584	339-537	271-342
ALTA	585-1350	538-1350	343-1350

Tabla 45: Método de diferencia de NBR: niveles de diferencia de NBR en los tres incendios estudiados y para cada grado de severidad de fuego.

DIFERENCIA NORMALIZADA DE NBR			
SEV. DE FUEGO	YESTE	ALMANSA	LIÉTOR
BAJA	300-1265	359-1000	340-930
MEDIA	1266-7000	1001-2400	931-1600
ALTA	7001-30000; -300-(-46000)	2401-40000; -3000-(-40000)	1601-300000 -3000-(-60000)

Tabla 46: Método de diferencia normalizada de NBR: rango de valores para cada nivel de severidad, en cada caso de estudio.

DIFERENCIA DE NBR/NBR_{pre}			
SEVERIDAD DE FUEGO	YESTE	ALMANSA	LIÉTOR
BAJA	560-1710	520-954	500-900
MEDIA	1711-2230	955-1370	901-1330
ALTA	2231-32000	1371-3000	1331- 3000

Tabla 47: Método de diferencia de NBR con respecto al NBR previo al fuego: valores umbral tomados para cada nivel de severidad, y en cada caso de estudio.

Comprobamos que dentro de cada método, los valores umbral son completamente flexibles, tal y como indican otros trabajos precedentes (Parsons and Olerman, 2002; Key and Benson, 2004a), teniendo que ser reajustados en cada incendio a partir de las parcelas de muestreo o fotografías aéreas. Esto es lógico, dado que los ecosistemas mediterráneos son muy heterogéneos, hecho que nos lleva a que los valores, tanto de NDVI como de NBR varíen para el mismo nivel de severidad.

VII.2.- SUPERFICIE AFECTADA POR EL INCENDIO. ANÁLISIS DE ÉSTA CON RESPECTO A LA SEVERIDAD DEL FUEGO Y A PARÁMETROS TOPOGRÁFICOS.

Una vez establecido el método más adecuado para la determinación de la severidad del fuego, agrupando las tres clases de severidad: baja, media y alta, obtenemos la superficie que ha sido afectada por el incendio.

Por otro lado, para intentar establecer posibles patrones comunes de comportamiento del fuego en estos ecosistemas, es interesante conocer la proporción de superficie que ha sido severa, moderada y ligeramente afectada, así como su relación con respecto a la pendiente y la orientación.

Al igual que en el punto anterior, haremos una exposición de resultados para cada caso de estudio y, finalmente, una discusión de los resultados comunes.

VII.2.1.- Incendio de Yeste.

VII.2.1.1.- Superficie afectada por el incendio. Análisis de la severidad del fuego.

El método de diferencia normalizada de NDVI, ha determinado que la superficie afectada por cada grado de severidad de fuego ha sido:

- Severidad baja: 1853,4 ha (13,0%).
- Severidad media: 4568,1 ha (32,1%).
- Severidad alta: 7820,2 ha (54,9%).

Lo que conlleva a una superficie total afectada de 14241,7 ha.

En la Figura 26 queda expuesta su distribución en la zona quemada, así como su proporción.

La característica dominante en este incendio es que el fuego ha sido muy destructivo, ya que en más de la mitad de la superficie, la vegetación ha sido consumida en su práctica totalidad. Si a esto le añadimos la severidad media, nos encontramos con que prácticamente el 90% de la superficie está seriamente dañada (más del 50% de la vegetación consumida por el fuego). Esta misma pauta de comportamiento es seguido por la mayor parte de los grandes incendios estudiados por otros autores (Isaacson *et al.*, 1982; White *et al.*, 1996; BAER, 2000; USDA, 2003, etc.)

Fijándonos ahora en la distribución espacial de los niveles de severidad, comprobamos que, generalmente, la severidad baja coincide con:

- Los bordes del perímetro, debido a que aquí el fuego quema en dirección perpendicular a la dominante (Ryan, 2002).

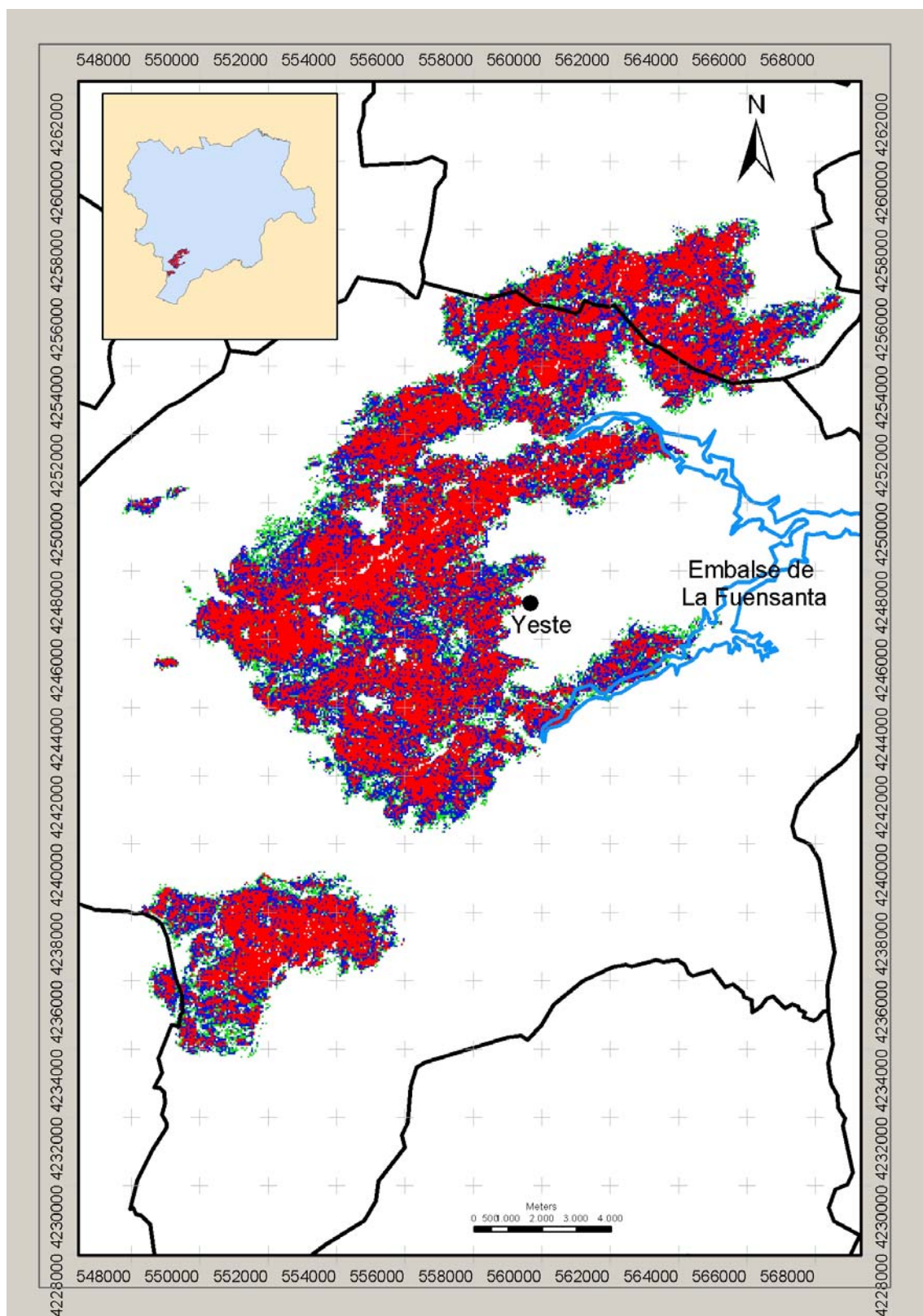


Figura 26: Distribución de la superficie afectada por el fuego en el incendio de Yeste, según el grado de severidad con que ha sido afectado. En la imagen, las líneas separan los términos municipales: en el centro Yeste; NE: Molinicos; NW: Riópar; Sur: Nerpio; SE: Letur; SW: Yetas de Abajo (Jaén).

- Cercanías a caminos o límite de cultivos agrarios, en donde el ataque por parte de los medios de extinción es más sencillo y eficaz.
- Proximidades a los ríos, arroyos, etc., ya que en éstos la humedad del combustible es más alta (Robichaud and Waldrop, 1994).

La severidad media suele localizarse a modo de islas entre un mar de severidad alta, o como transición entre ésta y la baja, ya que sólo en raras ocasiones se produce conexión entre severidades alta y baja. Esto comporta cierta lógica considerando que la severidad del fuego es un parámetro continuo, por lo que la aparición de cambios bruscos es infrecuente. Parsons y Olerman (2002) encuentran comportamientos similares en incendios estudiados en EE.UU.

VII.2.1.2.- Distribución de la superficie quemada en relación a la pendiente.

La distribución de la superficie quemada en relación a la pendiente, agrupada en tres intervalos (Figura 27), se resume del siguiente modo:

- Baja: 1615,2 ha (11,3%).
- Media: 4388,8 ha (30,8%).
- Alta: 8237,7 ha (57,9%).

Observamos que hay una clara tendencia hacia las zonas de mayores pendientes. Esto parece un comportamiento lógico en un ecosistema mediterráneo, en el que generalmente, los bosques han sido restringidos a las áreas montañosas en donde la agricultura es más dificultosa y, especialmente, a las pendientes más altas. Por otro lado, hay que considerar que el acceso a las áreas con pendientes elevadas está más restringido y las tareas de extinción son más complicadas; el combustible aparece más próximo, teniendo el fuego mejor acceso a todo lo que se encuentra a su alrededor; el efecto de desecado por el calor del frente de llama está más agudizado (Trabaud, 1992), etc.

VII.2.1.3.- Distribución de la superficie quemada en relación a la orientación.

Agrupada la orientación de la superficie quemada en dos intervalos, su distribución superficial es la de la Figura 28, y su distribución superficial es:

- Solana: 7217,2 ha (50,7%).
- Umbría: 7024,5 ha (49,3%).

A juzgar por estos valores, no existe dominancia de ninguna exposición frente a la otra.

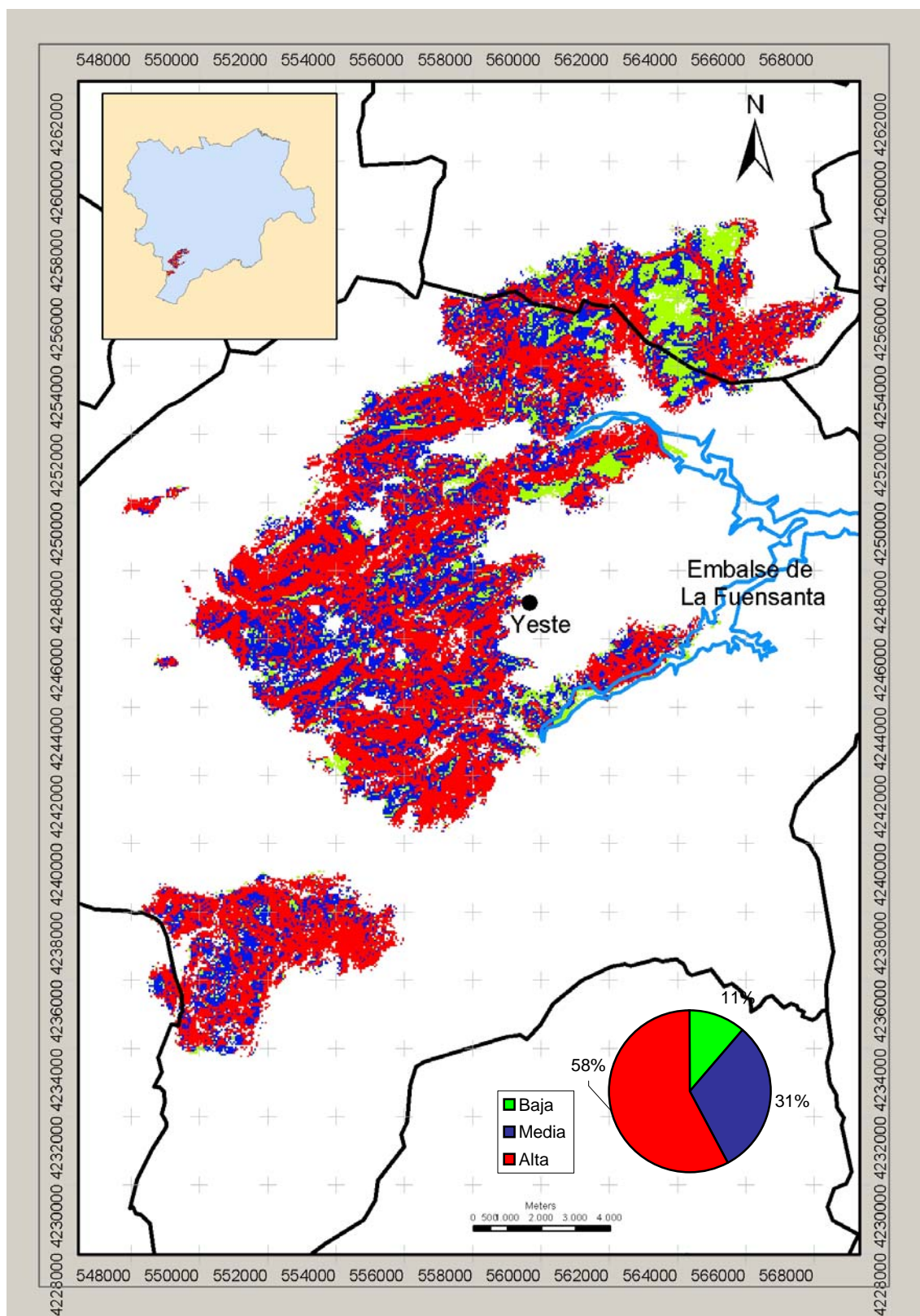


Figura 27: Distribución espacial de las pendientes dentro del área quemada en Yeste. En el diagrama de sectores se representa la proporción de cada una de las clases de pendiente.

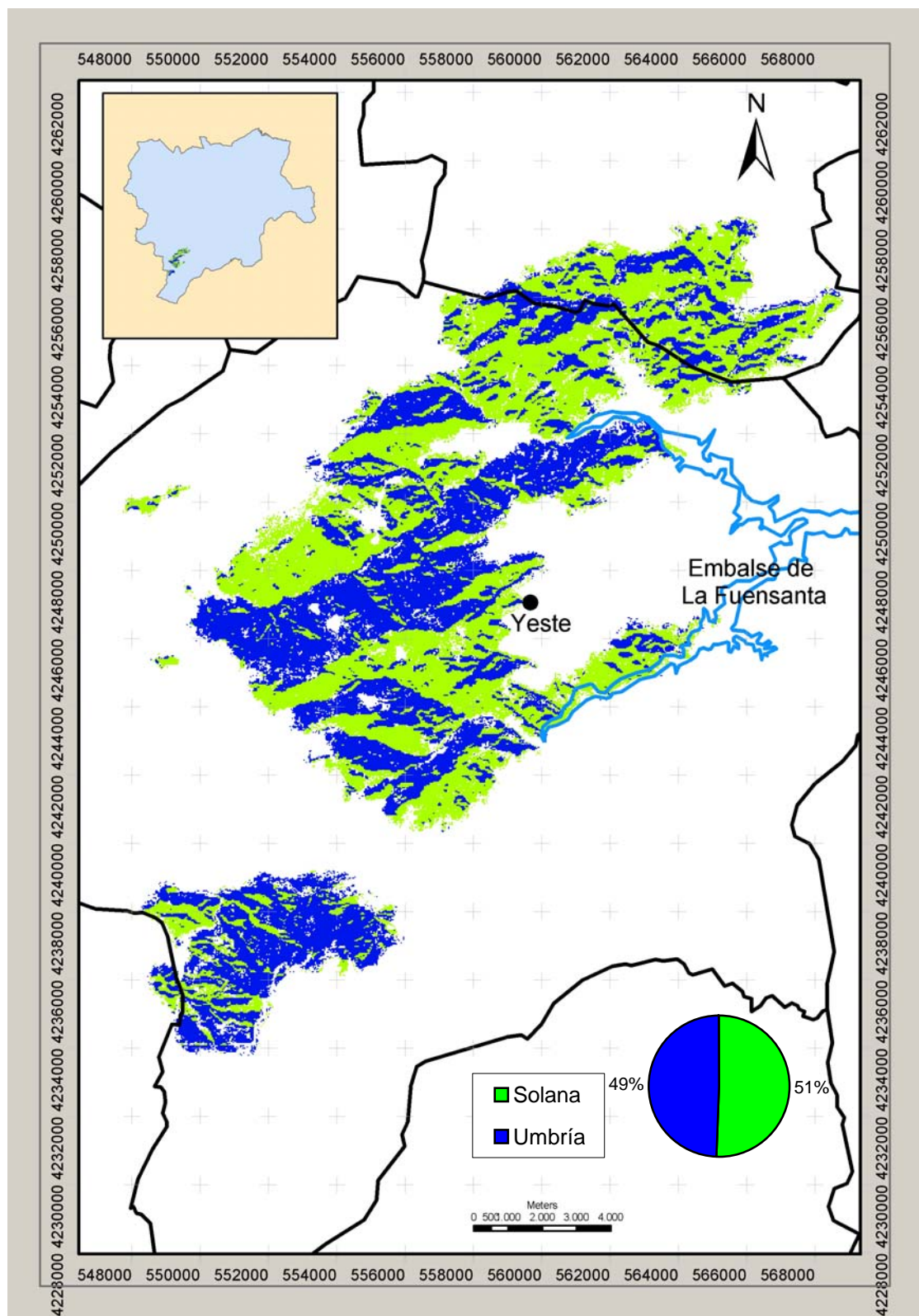


Figura 28: Distribución espacial de la exposición dentro del área quemada en Yeste. En el diagrama de sectores se representa la proporción de cada una de las clases.

VII.2.2.- Incendio de Almansa.

VII.2.2.1.- Superficie afectada por el incendio. Análisis de la severidad del fuego.

La superficie afectada por el fuego ha sido de 1957,6 ha, de las cuales:

- Severidad baja: 107,0 ha (5,5%).
- Severidad media: 884,6 ha (45,2%).
- Severidad alta: 966,0 ha (49,3%).

En la Figura 29, queda expuesta su distribución en la zona quemada, así como su proporción.

Comprobamos que el incendio ha sido muy agresivo ya que prácticamente la mitad de la superficie ha sido afectada por una severidad alta, lo que significa que casi toda la cubierta vegetal ha sido totalmente quemada. Esto coincide con los resultados del incendio de Yeste, así como de estudios de otros autores (Isaacson *et al.*, 1982; White *et al.*, 1996; BAER, 2000, etc). Por otro lado, el 45% del área incendiada lo ha sido con una severidad media, la cual daña a más del 50% de la vegetación. Finalmente, tan solo un 5% del área ha sido afectada de forma ligera.

La distribución espacial de los niveles de severidad coincide con el caso de Yeste, siendo sus causas similares (véase apartado V.2.1.1).

VII.2.2.2.-Distribución de la superficie quemada en relación a la pendiente.

Con respecto a la distribución de la superficie quemada en relación a la pendiente, agrupada en tres intervalos (Figura 30), se resume del siguiente modo:

- Baja: 531,6 ha (27,1%).
- Media: 933,7 ha (47,7%).
- Alta: 492,2 ha (25,2%).

Observamos que hay una clara tendencia hacia las zonas de pendientes medias. Esto es lógico si conocemos la Sierra de Almansa caracterizada por una rugosidad regular, sin ser excesivamente abrupta, en donde abundan las pendientes suaves y predominan las medias, lugares donde la agricultura se hace más difícil y ha dejado lugar al bosque.

VII.2.2.3.- Distribución de la superficie quemada en relación a la orientación.

En cuanto a la orientación, agrupada en umbría y solana, queda en la forma de la Figura 31. Sus cifras son:

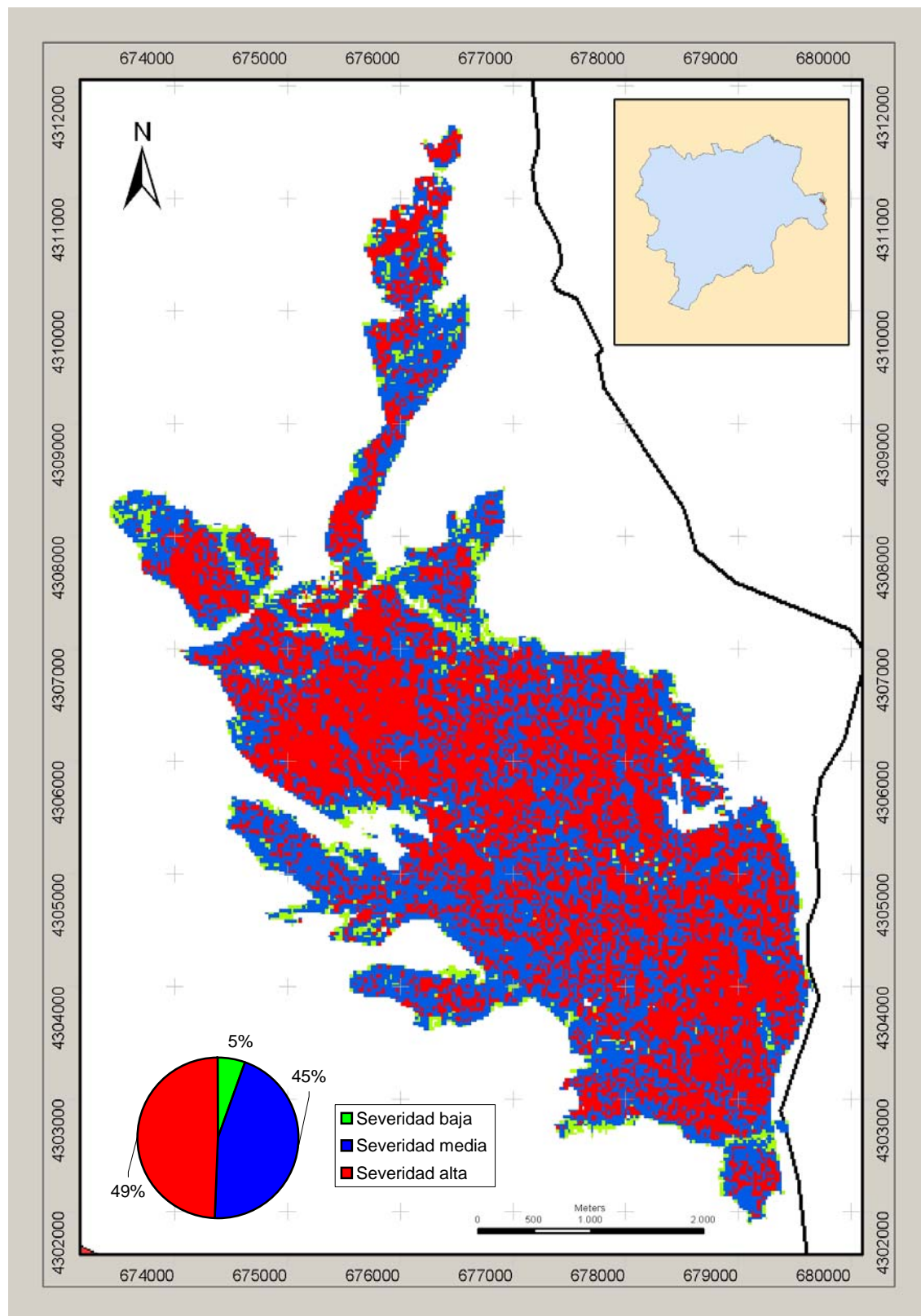


Figura 29: Distribución de la superficie afectada por el fuego en el caso de estudio de Almansa, según el grado de severidad. La línea negra marca el límite de provincia (al oeste Albacete; al este Valencia). Se ha incluido un diagrama de sectores que indica la distribución porcentual de cada clase de severidad.

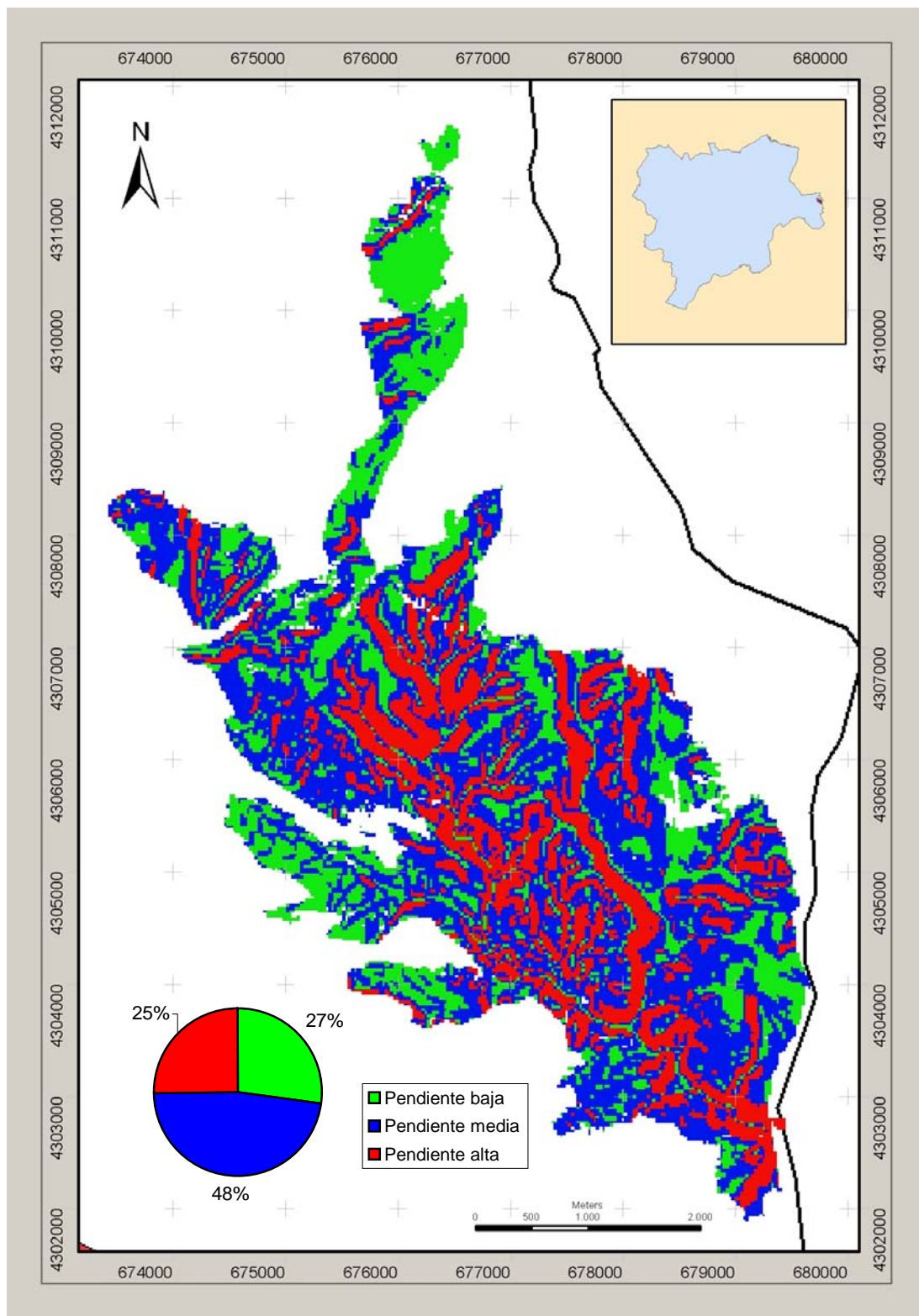


Figura 30: Distribución espacial de las pendientes dentro del área quemada en Almansa. En el diagrama de sectores se representa la proporción de cada una de las clases de pendiente.

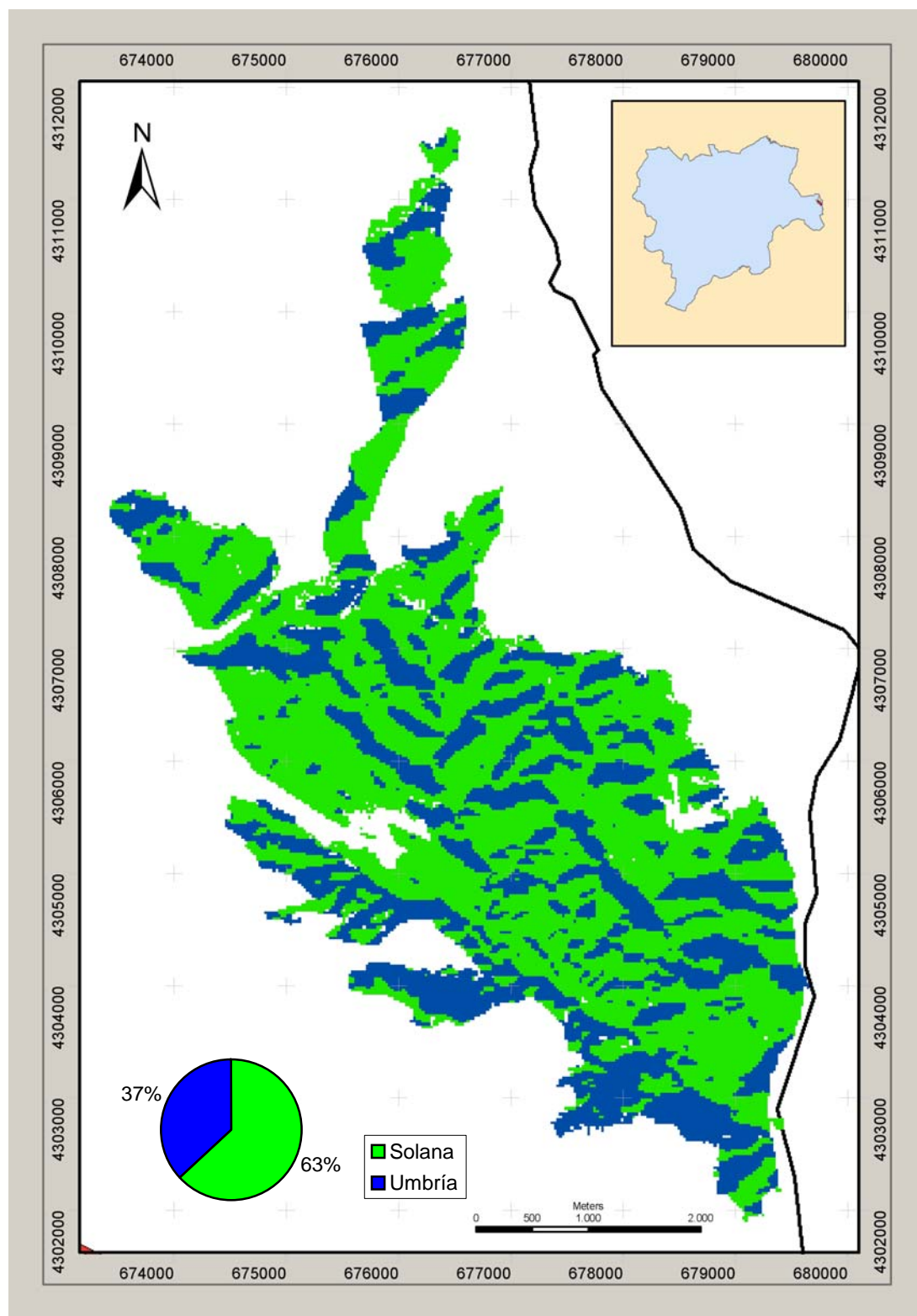


Figura 31: Distribución espacial de la exposición dentro del área quemada en Almansa. En el diagrama de sectores se representa la proporción de cada una de las clases.

- Solana: 1232.2 ha (62,9%).
- Umbría: 725.4 ha (37,1%).

Apreciamos una polarización hacia las zonas en solana. Sus causas pueden estar relacionadas, por un lado, con el hecho de que el fuego quema más rápido en las solanas, debido a las especiales condiciones de sequedad que se producen en esta exposición (Trabaud, 1992) y, por otro, a la propia configuración morfológica de la Sierra de Almansa, en donde predominan estas orientaciones.

VII.2.3.- Incendio de Liétor.

VII.2.3.1.- Superficie afectada por el incendio. Análisis de la severidad del fuego.

La superficie afectada por el fuego ha sido de 1541,2 ha, de las cuales:

- Severidad baja: 362,6 ha (23,5%).
- Severidad media: 556,8 ha (36,2%).
- Severidad alta: 621,8 ha (40,3%).

En la Figura 32, queda expuesta su distribución en la zona quemada, así como su proporción.

Al igual que en los casos anteriores, la mayor parte de la superficie se encuentra en la severidad alta (40,3%), seguida por la severidad media (36,2%) y, finalmente, la severidad baja (23,5). Pero, en este caso, encontramos que todas las clases se encuentran más equilibradas. La razón de este comportamiento la encontramos en el tipo de masa previa al incendio, más escasa, especialmente en el estrato arbóreo, que supone una discontinuidad del combustible. Esta situación contribuye a que el fuego dejara más espacios no quemados, así como mayor proporción de vegetación poco o nada alterada (Robichaud, 2004-comunicación personal-).

Centrándonos ahora en la distribución espacial de los niveles de severidad, encontramos comportamientos similares a los casos anteriores (Yeste y Almansa): la severidad baja coincide con los bordes del perímetro, proximidades de caminos o límites con cultivos agrarios; también con aledaños de ríos, arroyos, etc. La severidad media suele localizarse a modo de islas entre un mar de severidad alta, o como transición entre ésta y la baja. La severidad alta ocupa las manchas de mayor tamaño.

VII.2.3.2.- Distribución de la superficie quemada en relación a la pendiente.

Dentro del área quemada en el incendio de Liétor, las pendientes se distribuyen de la siguiente forma (Figura 33):

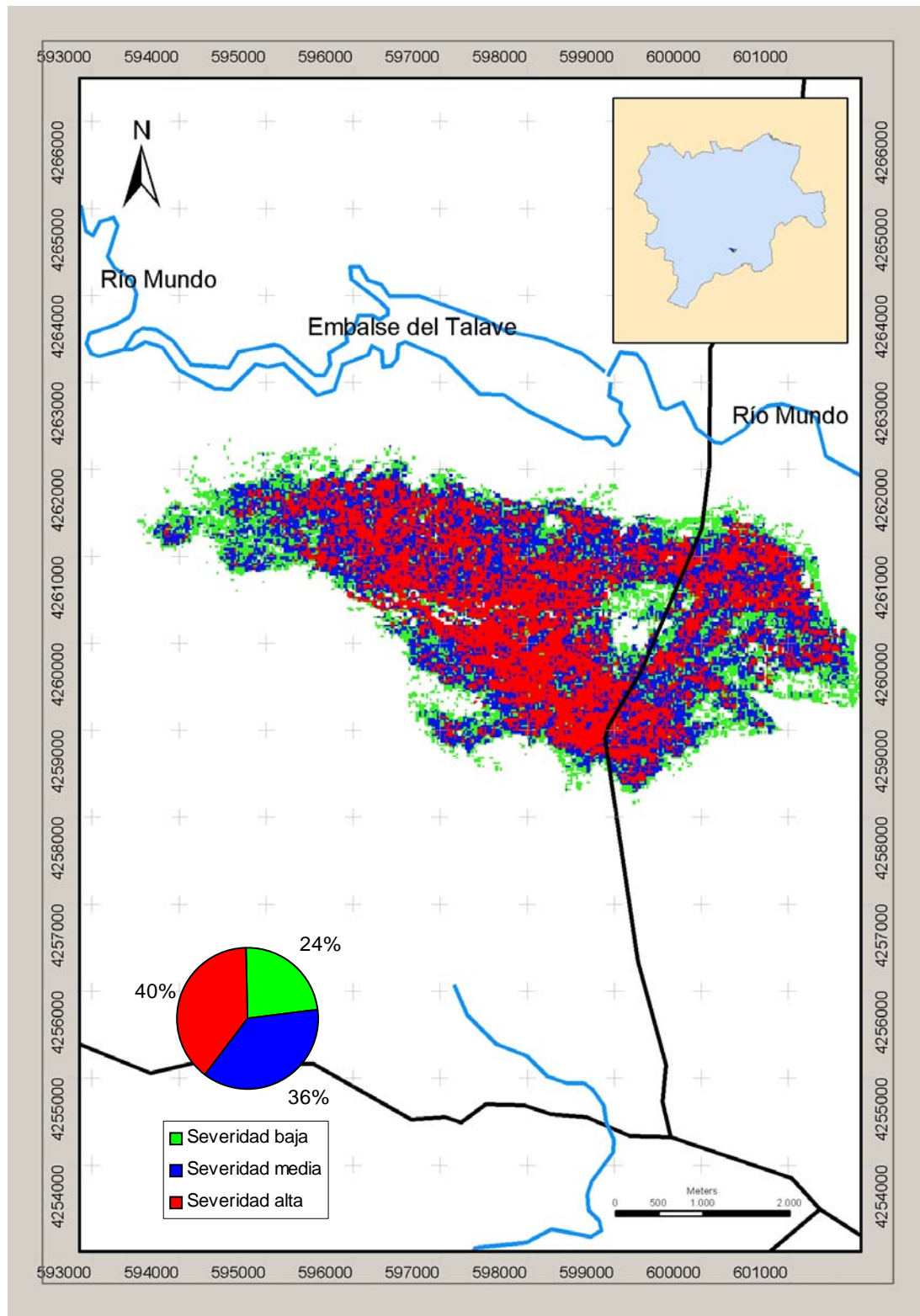


Figura 32: Distribución de la superficie afectada por el fuego en el caso de estudio de Liétor, según el grado de severidad. Las líneas negras marcan la delimitación de los términos municipales: oeste: Liétor, este: Hellín; sur: Férez. Se ha incluido un diagrama de distribución porcentual de superficie por clases de severidad.

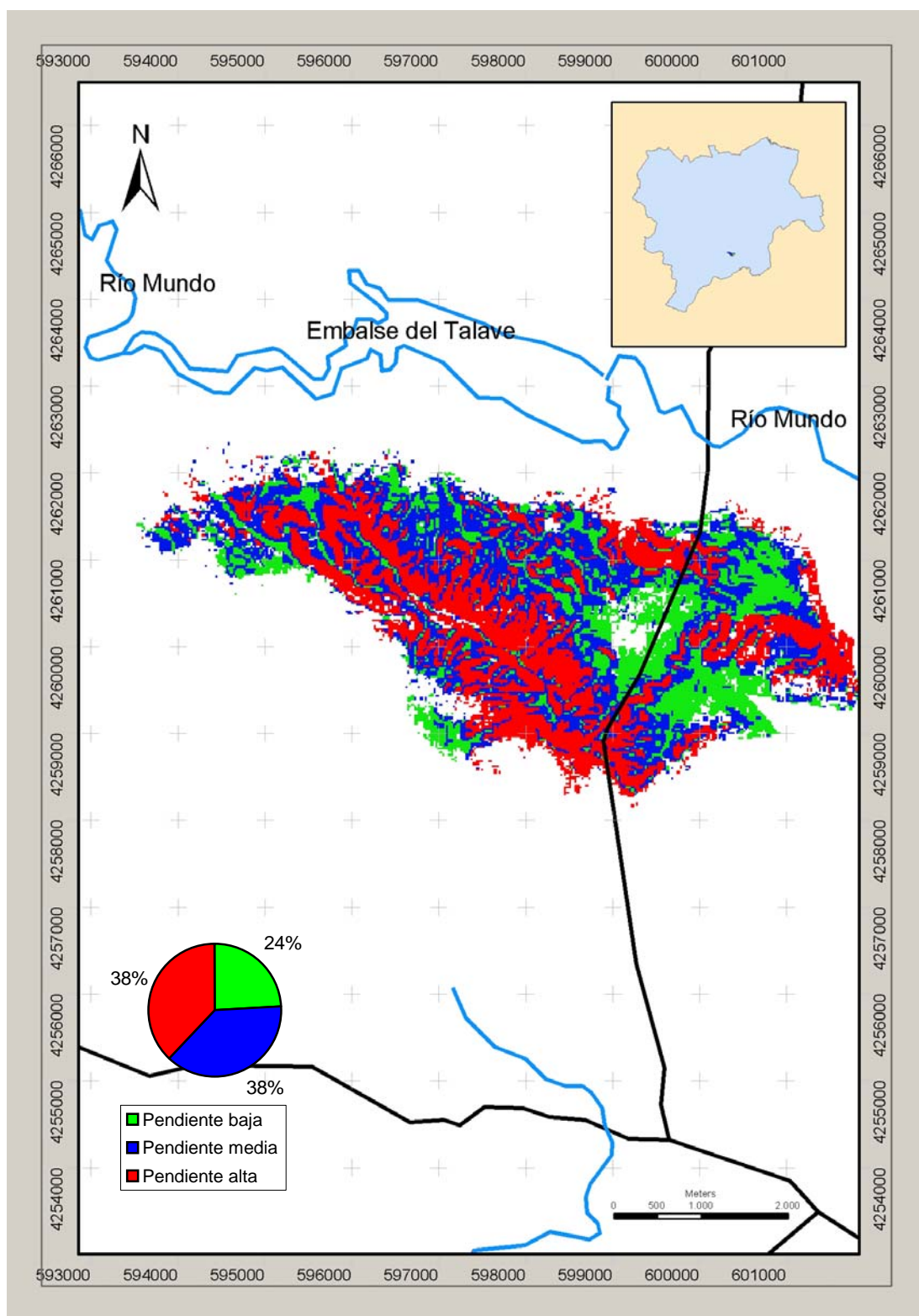


Figura 33: Distribución espacial de las pendientes dentro del área quemada en Liétor. En el diagrama de sectores se representa la proporción de cada una de las clases de pendiente.

- Baja: 371,7 ha (24,1%).
- Media: 582,6 ha (37,8%).
- Alta: 586,9 ha (38,1%).

En el incendio de Liétor, apreciamos que la distribución de las pendientes es bastante más homogénea que en los casos de Yeste y Almansa. Es cierto que la mayor concentración de superficie aparece en las pendientes altas y medias pero, proporcionalmente, la diferencia con la pendiente baja es mucho menor. La razón de esta mayor homogeneidad, especialmente la aparición de mayor proporción de pendientes bajas, se debe a la importante transformación que se realizó, en la zona, de superficies agrarias a forestales. Éstas, con suelos pobres para la agricultura, alejadas de los núcleos de población y de escasa pendiente, eran muy adecuadas para el cambio a vocación forestal.

VII.2.3.3.- Distribución de la superficie quemada en relación a la orientación.

En cuanto a la orientación, agrupada en dos intervalos, queda de la siguiente forma (Figura 34):

- Solana: 695,8 ha (45,1 %)
- Umbria: 845,4 ha (54,9 %)

Al contrario que en el caso de Almansa, encontramos una ligera tendencia hacia la orientación norte. Este comportamiento puede deberse a que las solanas, en muchas ocasiones, se encuentran con una vegetación bastante escasa, que puede retardar y entorpecer el avance del fuego. También, la configuración morfológica de la propia zona juega un papel muy importante en estos resultados.

VII.2.4. Resumen de resultados de superficie quemada, con respecto a la severidad del fuego y a parámetros topográficos.

VII.2.4.1.- Distribución de la superficie quemada con respecto a la severidad del fuego.

La superficie ocupada por cada nivel de severidad del fuego, en cada uno de los casos estudiados, es la siguiente (Tabla 48):

INCENDIO	SEVERIDAD DEL FUEGO (% de superficie)		
	BAJA	MEDIA	ALTA
Yeste	13,0	32,1	54,9
Almansa	5,5	45,2	49,3
Liétor	23,5	36,2	40,3

Tabla 48: Porcentajes de superficie quemada, según la severidad del fuego, en los tres incendios estudiados.

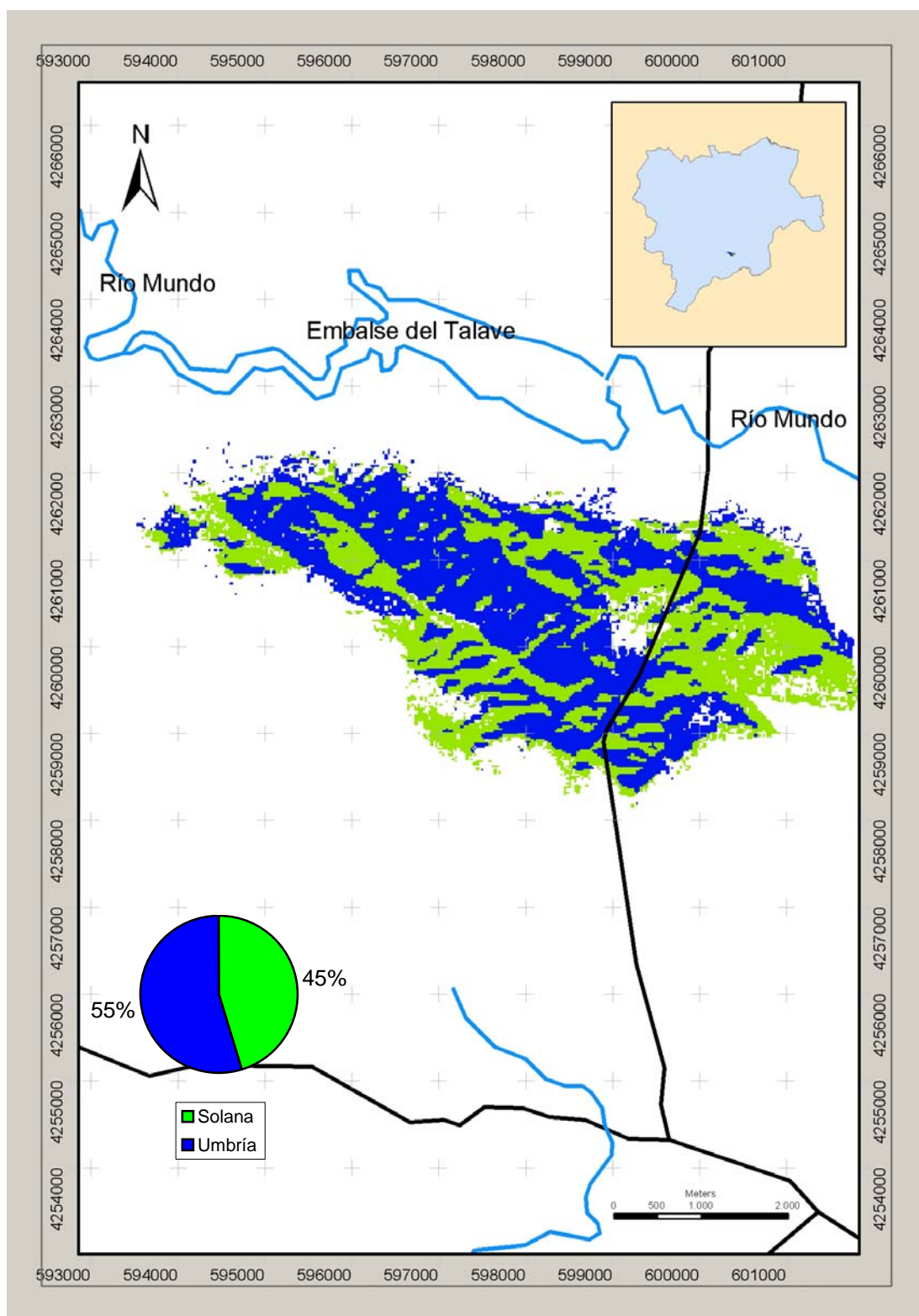


Figura 34: Distribución espacial de la exposición en el área quemada del caso de estudio de Liétor. En el diagrama de sectores se representa la proporción de cada una de las clases.

Observamos que el ecosistema ha sido severamente afectado ya que, en todos los casos, la mayor proporción de superficie se encuentra en la clase de severidad alta. Esto no es de extrañar ya que coincide con la mayor parte de los estudios consultados donde aparecen comportamientos similares (Isaacson *et al.*, 1982; White *et al.*, 1996; BAER, 2000; USDA, 2003, etc.). Las causas son muy variadas:

- Una gran proporción de especies que constituyen estos ecosistemas tienen un carácter muy inflamable (Hernando, 2000).
- Los bosques quedan relegados mayoritariamente a zonas con elevada pendiente que aproxima el combustible, facilitando el acceso del fuego a toda la vegetación, así como fomentando la desecación por efecto de la irradiación de calor (Trabaud, 1992).
- La fuerte política de supresión de fuegos, ha fomentado el sobreacúmulo de combustible muerto, que aumenta la severidad del fuego (Robichaud, 2000; Ryan, 2002).
- Las condiciones de sequedad del combustible, que inducen al fuego a ser más severo (Robichaud and Waldrop, 1994).

Por otro lado, puede apreciarse que la superficie ocupada por cada nivel de severidad aumenta con ésta, es decir, siempre encontramos menor número de hectáreas quemadas con severidades bajas, que con medias y, aún, es menor con severidades altas. También es rasgo común en otros trabajos consultados.

Destaca el caso del incendio de Liétor, en donde comprobamos que las superficies, aunque siguen la pauta comentada, se encuentran bastante equilibradas. La razón puede estar en que se trata de una masa más abierta, debido fundamentalmente a la escasez de precipitaciones y a la pobreza del suelo. Aquí, el combustible se encuentra mucho más aislado, lo que es un obstáculo para la completa combustión de la vegetación (Parsons and Olerman, 2002).

Considerando ahora cómo se distribuyen geográficamente las severidades, encontramos patrones comunes en los tres incendios. Tal y como venimos explicando, la severidad baja coincide con:

- Los bordes del perímetro, porque el fuego quema en dirección perpendicular a la dominante (Ryan, 2002).
- Proximidades a caminos o límites de cultivos agrarios, debido a que las tareas de extinción son aquí más sencillas y eficaces.
- Proximidades a los ríos, arroyos, etc., ya que como confirman algunos autores (Robichaud and Waldrop, 1994), conforme aumenta la humedad del combustible, la severidad del fuego disminuye.

En cuanto a la severidad media, en general, y al igual que sucede en trabajos similares (Parsons and Olerman, 2002), aparece como transición entre severidades altas y bajas, o insertas en grandes masas de severidad alta; sólo en raras ocasiones se produce conexión entre severidades alta y baja. En éstas puede ser debido a la

resolución espacial del sensor, es decir, que si descendiéramos a niveles más detallados, con píxeles menores, encontraríamos la transición con la severidad media. La causa puede estribar en que la severidad del fuego, tal y como la hemos definido, es un parámetro continuo, y la aparición de cambios bruscos es infrecuente.

La severidad alta ocupa las mayores proporciones del terreno quemado, induciendo a pensar que los incendios en los ecosistemas mediterráneos son muy agresivos. Las causas de este comportamiento han sido expuestas en los párrafos previos.

VII.2.4.2.- Distribución de la superficie quemada con respecto a la pendiente.

La distribución de los diferentes niveles de pendientes, dentro de las tres zonas incendiadas, se resumen en la Tabla 49:

INCENDIO	PENDIENTE (% de superficie)		
	BAJA	MEDIA	ALTA
Yeste	11,3	30,8	57,9
Almansa	27,1	47,7	25,2
Liétor	24,1	37,8	38,1

Tabla 49: Proporción de superficie afectada por el fuego según la pendiente del terreno, en los tres casos de estudio.

Los datos de la Tabla 49, indican que las pendientes bajas son las que menor proporción ocupan en todos los incendios estudiados. Eso es debido, como hemos comentado para cada incendio de forma individual, a que las superficies forestales se concentran especialmente en áreas montañosas, con pendientes, generalmente, difíciles para la práctica de la agricultura. Otro factor a considerar es la velocidad de avance del fuego, que aumenta con la pendiente (Trabaud, 1992; Pyne *et al.*, 1996; Whelan, 2001, etc.), aunque sin olvidar, que las pendientes extremas pueden suponer una barrera al avance del fuego, especialmente cuando éste se mueve en forma descendente (Pyne *et al.*, 1996; Ryan, 2002).

En el caso del incendio de Yeste, la superficie aumenta, de forma patente, con la pendiente; en el de Liétor, se observa el mismo patrón, pero de una forma más atenuada y en Almansa son las pendientes medias las que dominan.

VII.2.4.3.- Distribución de la superficie quemada en relación a la orientación.

En los diferentes incendios estudiados, la orientación de la superficie quemada es la que recogida por la Tabla 50.

Siguiendo una lógica general, debería aparecer una mayor proporción de superficie quemada en solana, ya que el combustible está más seco y su densidad será menor (Trabaud, 1992; Whelan, 2001), haciendo que el fuego circule a mayor velocidad y por tanto, quemando mayor número de hectáreas. Pero este patrón sólo se da de

forma clara en el incendio de Almansa, mientras que en el de Yeste la proporción se encuentra equilibrada; en Liétor ocupa mayor proporción la superficie quemada en umbría, debido básicamente a la especial configuración de la sierra quemada.

INCENDIO	ORIENTACIÓN (% de superficie)	
	SOLANA	UMBRÍA
Yeste	50,7	49,3
Almansa	62,9	37,1
Liétor	45,1	54,9

Tabla 50: Superficie afectada por el fuego (en porcentaje), según la exposición del terreno, en los tres casos de estudio.

VII. 3.- CORRELACIÓN DE PARÁMETROS TOPOGRÁFICOS CON RESPECTO A LA SEVERIDAD DEL FUEGO.

Con estos resultados, trataremos de comprobar si existen relaciones entre la pendiente y la orientación del terreno quemado con respecto a la severidad del fuego. Estas coincidencias indicarían zonas en donde los tratamientos preventivos serían más necesarios, para evitar fuegos de severidades altas, los más perniciosos para el ecosistema y los que producen resultados finales de más difícil recuperación.

Para cada uno de los casos de estudio, los resultados han sido los siguientes:

VII.3.1. Incendio de Yeste.

VII.3.1.1.- Exposición y severidad del fuego.

El cruce del mapa de orientación con el de severidad del fuego, en el incendio de Yeste, nos ofrece los resultados de la Tabla 51 (gráficamente en la Figura 35). Se observa la superficie quemada por cada clase, la proporción de cada una respecto al total, y el porcentaje relativo de cada clase. Este último dato nos indica más claramente la tendencia dentro de cada clase.

CLASE	Superficie (ha)	%	% relativo
solana + sev. baja	1067,3	7,5	14,8
solana + sev. media	2616,1	18,4	36,2
solana + sev alta	3533,8	24,8	49,0
umbría + sev. baja	786,1	5,5	11,2
umbría + sev. media	1951,9	13,7	27,8
umbría + sev. alta	4286,5	30,1	61,0
TOTAL	14241,7	100,0	

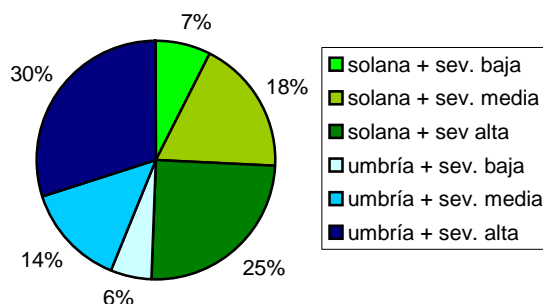


Tabla 51: Superficie ocupada por cada nivel de severidad según su orientación, en el caso de estudio de Yeste. Se incluye la proporción con respecto al total, y la relativa con respecto a la clase de orientación.

Figura 35: Superficie ocupada por cada nivel de severidad según su orientación, en el incendio de Yeste.

Como cabía esperar considerando los resultados de distribución de la severidad del fuego (VII.2.1.1), al tener mayor proporción de superficie en su nivel alto (54,9%), ambas exposiciones presentan el mayor número de hectáreas en esta clase. Lo más llamativo es que, aún teniendo una superficie total quemada ligeramente mayor en solana (50,7%; ver apartado VII.2.1.3), es en umbría donde encontramos la mayor proporción de superficie severamente afectada (30,1%). Autores como Luke and MacArthur (1978) y Shakesby *et al.* (2003) hallan resultados similares. Este comportamiento puede deberse a que la continuidad del combustible es mayor en umbría, por lo que el fuego tiene mejor acceso a toda la vegetación circundante

(Robichaud, 2004, comunicación personal). Sin embargo Turner *et al.* (1999) no encuentran relación entre la severidad y la orientación en un caso de estudio en Yellowstone (EE.UU.).

La severidad media ha afectado en mayor proporción a la solana (18,4%, casi un 5% más que en umbría), mientras que la severidad baja, ha sido ligeramente inferior en la umbría (2% menor). Este último resultado no parece muy lógico, dado que, en la umbría, al conservar un nivel de humedad superior, la severidad suele ser algo más baja (Shakesby *et al.*, 2003), especialmente conforme el fuego va perdiendo intensidad, aunque éste no es el único parámetro a considerar y las diferencias son poco significativas.

VII.3.1.2.- Pendiente y severidad del fuego.

Para examinar la posible relación de la pendiente con la severidad del fuego determinada en el incendio de Yeste, hemos cruzado ambos mapas, obteniendo los datos de la Tabla 52, y que gráficamente pueden verse en la Figura 36.

CLASE	Superficie (ha)	%	% relativo
Pendiente baja x sev. baja	258,2	1,8	16,0
Pendiente baja x sev. media	538,5	3,8	33,3
Pendiente baja x sev. alta	818,5	5,7	50,7
Pendiente media x sev. baja	585,8	4,1	13,3
Pendiente media x sev. alta	1437,7	10,1	32,8
Pendiente media x sev. media	2365,3	16,6	53,9
Pendiente alta x sev. baja	1009,5	7,1	12,3
Pendiente alta x sev. media	2591,8	18,2	31,5
Pendiente alta x sev. alta	4636,4	32,6	56,3
TOTAL	14241,7	100	

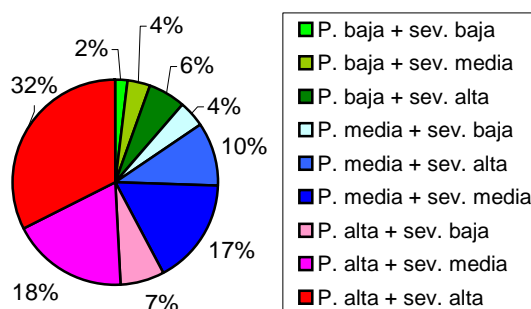


Tabla 52: Superficie ocupada por cada nivel de severidad según su pendiente, en el incendio de Yeste. Se incluye la proporción con respecto al total, y la relativa con respecto a cada clase de pendiente.

Figura 36: Superficie ocupada por cada nivel de severidad según su pendiente, en el estudio de Yeste.

Comprobamos que, para cada nivel de pendiente, la superficie quemada se incrementa conforme aumenta la severidad del fuego. Se trata de un resultado lógico

ya que, como se ha observado en el apartado VII.2.1.1, la proporción de área quemada aumenta con la severidad.

Lo más destacable es que la mayor incidencia de la severidad alta la encontramos en las pendientes altas. También era hasta cierto punto esperable ya que son éstas las que ocupan mayor superficie dentro del área quemada.

VII.3.2. Incendio Almansa.

VII.3.2.1.- Exposición y severidad del fuego.

Para encontrar la posible relación existente entre la orientación y la severidad del fuego, estos mapas han sido cruzados usando el SIG. En el incendio de Almansa los resultados son los siguientes (Tabla 53, Figura 37):

CLASE	Superficie (ha)	%	% relativo
solana x sev. baja	64,0	3,3	5,2
solana x sev. media	580,3	29,6	47,1
solana x sev. alta	587,9	30,0	47,7
umbría x sev. baja	43,1	2,2	5,9
umbría x sev. media	304,2	15,5	41,9
umbría x sev. alta	378,1	19,3	52,1
TOTAL	1957,6	100,0	

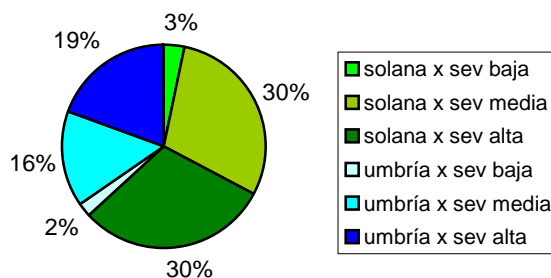


Tabla 53: Distribución de la severidad del fuego, según su orientación, en el incendio de Almansa. Se incluye la proporción con respecto al total, y la relativa con respecto a cada clase de orientación.

Figura 37: Superficie ocupada por cada nivel de severidad según su orientación, en el incendio de Almansa.

Al igual que en el caso de Yeste, y dado que en el incendio tenemos mayor proporción de superficie en el nivel de severidad alta (49,3%), en ambas exposiciones el mayor número de hectáreas corresponde a esta clase. Por otro lado, puesto que la superficie en solana es considerablemente superior a la de umbría (62,9% frente a 37,1%), es ésta la que concentra la mayor proporción de severidades altas y medias.

Observando el porcentaje relativo a cada clase, que nos indica más claramente la tendencia en cada exposición, comprobamos que, al igual que en el caso de Yeste, aunque de una forma más ligera, proporcionalmente el fuego es más severo en la umbría (52,1% en umbría, frente al 47,7% en solana), corroborando nuevamente los resultados obtenidos por autores como Luke and MacArthur (1978) y Shakesby *et al.* (2003).

Continuando con los valores relativos, la severidad media, ha afectado en mayor proporción a la solana (algo más de un 5%), mientras que los resultados de la severidad baja son prácticamente iguales.

VII.3.2.2.- Pendiente y severidad del fuego.

Para examinar la posible relación de la pendiente con la severidad del fuego determinada en el incendio de Almansa, hemos cruzado ambos mapas, obteniendo los datos de la Tabla 54, y que gráficamente pueden verse en la Figura 38.

CLASE	Superficie (ha)	%	% relativo
Pendiente baja x sev. baja	46,3	2,4	8,7
Pendiente baja x sev. media	276,8	14,1	52,1
Pendiente baja x sev. alta	208,6	10,7	39,2
Pendiente media x sev. baja	48,1	2,5	5,2
Pendiente media x sev. media	410,2	21,0	43,9
Pendiente media x sev. alta	475,3	24,3	50,9
Pendiente alta x sev. baja	12,6	0,6	2,6
Pendiente alta x sev. media	197,6	10,1	40,1
Pendiente alta x sev. alta	282,1	14,4	57,3
TOTAL	1957,6	100,0	

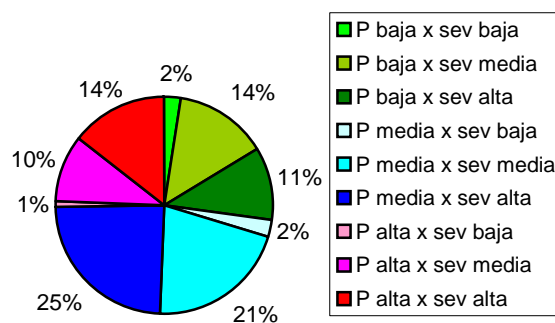


Tabla 54: Área ocupada por cada nivel de severidad según su pendiente, en el estudio de Almansa. Se incluye la proporción con respecto al total, y la relativa con respecto a cada clase de pendiente.

Figura 38: Superficie ocupada por cada nivel de severidad según su pendiente, en el incendio de Almansa.

Comprobamos que, para cada nivel de pendiente, la superficie se incrementa conforme aumenta la severidad del fuego. Esto es lógico ya que, como se ha observado en el apartado VII.2.2.1, la proporción de área quemada aumenta con la severidad.

Lo más destacable es que la mayor incidencia de la severidad alta la encontramos en las pendientes medias. También era hasta cierto punto esperable ya que son estas las que ocupan mayor superficie dentro del área quemada (VII.2.2.2).

Observando estos resultados, comprobamos que todas las clases de pendiente poseen una proporción de superficie quemada muy escasa en el nivel de severidad baja, ya que es poca la que el método ha determinado en esta clase (VII.2.2.1).

Llama la atención un punto disonante con respecto al caso anterior (Yeste): en la pendiente baja, encontramos mayor proporción de severidad de fuego media, rompiendo la tónica general ascendente de la severidad en cada clase de pendiente.

VII.3.3. Incendio de Liétor.

VII.3.3.1.- Exposición y severidad del fuego.

En el incendio de Liétor, encontramos las siguientes proporciones, al combinar severidad del fuego y orientación (Tabla 55, Figura 39)

CLASE	Superficie (ha)	%	% relativo
solana x sev. baja	226,8	14,7	32,6
solana x sev. media	278,7	18,1	40,1
solana x sev. alta	190,3	12,3	27,3
umbría x sev. baja	135,9	8,8	16,1
umbría x sev. media	278,1	18,0	32,9
umbría x sev. alta	431,4	28,0	51,0
TOTAL	1541,2	100	

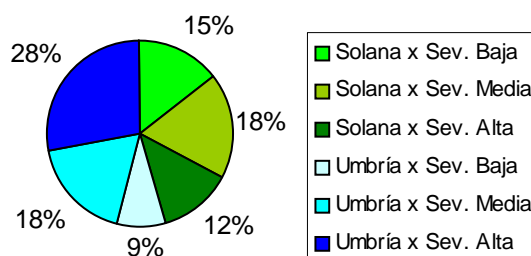


Tabla 55: Superficie ocupada por cada nivel de severidad según su orientación, en el caso de Liétor. Se incluye la proporción con respecto al total, y la relativa con respecto a cada clase de orientación.

Figura 39: Superficie ocupada por cada nivel de severidad según su orientación, en el caso de Liétor.

Volvemos a comprobar que la mayor concentración de severidad alta aparece en la umbría (28%), mientras que la proporción de severidad media es igual en ambas exposiciones. Sin embargo, si tomamos cifras relativas, comprobamos que es en solana donde predomina significativamente esta severidad. Finalmente, la severidad baja, obtiene mayores proporciones en la solana, debido quizá, como Robichaud afirma (2004, comunicación personal), a que la severidad está muy influenciada por la exposición, debido a la diferencia en densidad de la masa vegetal y a la continuidad del combustible.

Viendo estos resultados, y al igual que en el incendio de Yeste, están en sintonía con los encontrados por autores como Luke and MacArthur, (1978) y Shakesby *et al.* (2003).

En este incendio llama también la atención que en la solana se rompe la tendencia general del resto de casos de estudio, en donde la superficie ocupada por cada nivel de severidad crece conforme ésta aumenta, en cada clase de exposición. Sí sigue el patrón típico en la exposición norte.

VII.3.3.2.- Pendiente y severidad de fuego.

En la Tabla 56, quedan recogidos los valores de superficie de cada clase de pendiente, para cada nivel de severidad, junto a su proporción con respecto a la total, y la relativa con respecto a la superficie de cada clase de pendiente. En la Figura 40 se ha representado su proporción, mediante un diagrama de sectores.

CLASE	Superficie (ha)	%	% relativo
Pendiente baja x Sev. baja	110,5	7,2	29,7
Pendiente baja x Sev. media	142,9	9,3	38,4
Pendiente baja x Sev. alta	118,3	7,7	31,8
Pendiente media x Sev. baja	128,7	8,4	22,1
Pendiente media x Sev. media	216,2	14,0	37,1
Pendiente media x Sev. alta	237,7	15,4	40,8
Pendiente alta x Sev. baja	123,4	8,0	21,0
Pendiente alta x Sev. media	197,8	12,8	33,7
Pendiente alta x Sev. alta	265,7	17,2	45,3
TOTAL	1541,2	100	

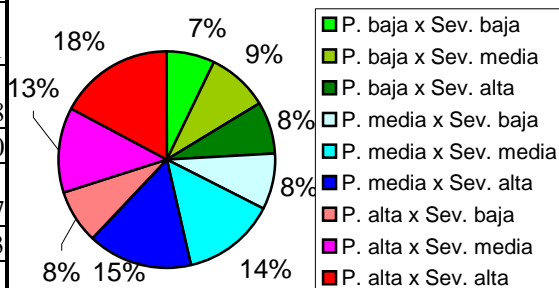


Tabla 56: Superficie ocupada por cada nivel de pendiente según su orientación, en el caso de Liétor. Se incluye la proporción con respecto al total, y la relativa con respecto a cada clase de pendiente.

Figura 40: Superficie ocupada por cada nivel de severidad según su pendiente, en el incendio de Liétor.

Siguiendo las pautas generales del resto de casos de estudio, dentro de cada clase de pendiente, la superficie ocupada aumenta con la severidad del fuego, a excepción de las pendientes más bajas, en donde, en este incendio, es la severidad media la que ocupa mayor proporción, estando muy equilibradas las severidades bajas y altas.

Asimismo, la mayor proporción de severidad alta, se produce en las pendientes mas elevadas, la severidad media en pendientes medias y la severidad baja está uniformemente repartida entre las tres clases de pendiente.

VII.3.4. Resumen de resultados de la correlación entre los parámetros topográficos y la severidad del fuego.

VII.3.4.1.- Severidad de fuego y exposición.

El cruce de los mapas de orientación de la superficie quemada con los de severidad de fuego, en los tres incendios estudiados, nos proporciona los resultados de la Tabla 57 (valores porcentuales).

Apreciamos que con excepción del incendio de Almansa, hay una tendencia generalizada a que la mayor proporción de superficie con severidad alta se produzca en las umbrías. Esto puede ser debido a que el fuego, al encontrar mayor densidad de combustible en esta exposición, avanza más lento, haciendo que el tiempo de residencia sea mayor y por tanto la severidad más alta. Como se ha tratado a lo largo de los puntos anteriores, este resultado está en consonancia con los obtenidos por otros autores como Luke and MacArthur (1978) y Shakesby *et al.* (2003).

INCENDIO	ORIENTACIÓN X SEVERIDAD DE FUEGO (% de superficie)					
	S x SB	S x SM	S x SA	U x SB	U x SM	U x SA
Yeste	7,5	18,4	24,8	5,5	13,7	30,1
Almansa	3,3	29,6	30,0	2,2	15,5	19,3
Liétor	14,7	18,1	12,3	8,8	18,0	28,0

Tabla 57: Porcentaje de superficie ocupada por cada nivel de severidad según su orientación, en los tres casos de estudio. S: Solana; U: Umbría; SB: Severidad baja; SM: Severidad media; SA: Severidad alta

El caso de Almansa es muy particular, ya que como hemos comentado en su apartado correspondiente (VII.2.2.3), la especial configuración de su geomorfología, en donde predominan con diferencia las solanas, junto a que en estas la vegetación arde con más facilidad, hace que exista un sesgo hacia la solana, cuando se relacionan con la severidad del fuego.

En la umbría también observamos que la proporción de superficie quemada aumenta con el grado de severidad del fuego, no así en la solana, en donde en el incendio de Liétor es la severidad media la dominante; y en el caso de Almansa, severidad media y alta se encuentran equilibradas. Es lógico que aparezcan mayores proporciones de severidades medias y bajas en la solana, debido a que las condiciones microclimáticas que impone esta orientación, hacen que la densidad del combustibles sea menor, a veces con importantes espacios sin cobertura, lo que dificulta la expansión del fuego y facilita que pierda fuerza y, por tanto, el que pueda dejar parte de la vegetación sin quemar (Robichaud, 2004-comunicación personal).

VII.3.4.2.- Severidad de fuego y pendiente.

Del mismo modo que en el caso anterior, cruzando los mapas de pendientes con sus homólogos de severidad de fuego, obtenemos los resultados de la Tabla 58 (valores porcentuales).

Valorando estos datos, podemos comentar en líneas generales que:

La severidad alta, salvo en el caso de Almansa, parece concentrarse principalmente en las pendientes más elevadas. Se trata de un resultado lógico ya que, como hemos comentado en la discusión de los resultados de cada incendio en particular, el combustible se encuentra más próximo y el fuego tiene mayor acceso a todo el material vegetal circundante. Por otro lado, las altas temperaturas, que provoca el fuego, desecan a la vegetación colindante, facilitando así su ignición. Finalmente, las corrientes de aire producidas por el propio fuego, facilitan y fomentan el movimiento de las llamas en la ladera (Trabaud, 1992).

La excepción la pone el incendio de Almansa, que concentra la mayor proporción de superficie quemada con severidad alta y en las pendientes medias. Se trata de un resultado esperable, ya que este nivel de pendientes, con gran diferencia, es el dominante en la zona afectada por el fuego.

Tanto en las pendientes altas como en las medias, la superficie quemada aumenta con el nivel de severidad. Este resultado es razonable, ya que en pendiente el efecto del fuego tiende a ser más severo, por los argumentos que hemos expuesto, quedando de forma minoritaria las severidades más bajas.

No ocurre lo mismo en las pendientes bajas (y nulas, englobadas en la misma clase), en donde, salvo en el caso de Yeste, son las severidades medias las predominantes, existiendo en general poca diferencia en la proporción de superficie que ocupa cada nivel de severidad. Puede deberse a que, con escasa pendiente, el movimiento del fuego está más condicionado por la distribución de la vegetación, su homogeneidad y el viento. Es aquí por tanto, más fácil que el fuego deje material sin quemar.

INCENDIO	PENDIENTE X SEVERIDAD DE FUEGO (% de superficie)								
	PB x SB	PB x SM	PB x SA	PM x SB	PM x SM	PM x SA	PA x SB	PA x SM	PA x SA
Yeste	1,8	3,8	5,7	4,1	10,1	16,6	7,1	18,2	32,6
Almansa	2,4	14,1	10,7	2,5	21,0	24,3	0,6	10,1	14,4
Liétor	7,2	9,3	7,7	8,4	14,0	15,4	8,0	12,8	17,2

Tabla 58: Porcentaje de superficie ocupada por cada nivel de severidad según su nivel de pendiente, en los tres casos de estudio. **PB**: pendiente baja; **PM**: pendiente media; **PA**: pendiente alta; **SB**: severidad baja; **SM**: severidad media; **SA**: severidad alta.

VII.4.- ANÁLISIS DE LA FLORA Y LA VEGETACIÓN DEL INCENDIO. RELACIÓN CON LOS PARÁMETROS. GEOMORFOLÓGICOS Y LA SEVERIDAD DEL FUEGO.

VII.4.1- Análisis florístico.

Como se ha descrito en el capítulo: *Área de estudio*, la estación meteorológica de Liétor corresponde a un bioclima mesomediterráneo inferior y a un ombroclima semiárido superior. En Almansa se encuentra el bioclima mesomediterráneo en sus tres umbrales, aunque predominando el medio y el inferior y con un ombroclima a caballo entre seco inferior y semiárido superior. En Yeste se manifiesta un bioclima mesomediterráneo superior-supramediterráneo inferior, con un ombroclima desde el seco superior al subhúmedo superior, ya que la estación de Arguillite, cercana a Yeste, es de las más lluviosas de la provincia.

Tras estas consideraciones y analizando los más de 1100 taxones que aparecen en el casi centenar de inventarios realizados, se obtienen algunos resultados bastante coincidentes con los aportados por las mencionadas estaciones meteorológicas.

Observando los datos de la Tabla 59, en la que se indica el número de veces que aparecen, en los inventarios de las 3 zonas estudiadas, diversas plantas de tendencia termófila más o menos acentuada, comprobamos que el grado de presencia en los inventarios aumenta con la termicidad del territorio.

PLANTA	LIÉTOR	ALMANSA	YESTE
<i>Anthyllis cytisoides</i>	15	2	0
<i>Cistus albidus</i>	18	0	2
<i>Convolvulus lanuginosus</i>	3	7	0
<i>Globularia alypum</i>	2	0	0
<i>Haplophyllum linifolium</i>	0	1	0
<i>Phlomis crinita</i>	5	1	0
<i>Pistacia lentiscus</i>	22	7	10
<i>Rhamnus lycioides</i>	21	7	2
<i>Ruta angustifolia</i>	4	0	0
<i>Sideritis leucantha bourgeana</i>	3	0	0
<i>Stipa tenacissima</i>	23	7	1
Total:	116	32	15

Tabla 59: Relación de plantas con tendencia termófila, y el número de veces que aparece en cada zona de estudio inventariada.

Así, en Liétor (estación más térmica y la que menores precipitaciones recibe), determinamos el mayor número de taxones termófilos, mientras que la zona de Yeste, la menos termófila y que recibe mayores precipitaciones, tiene el menor número de apariciones de estas especies. Finalmente, Almansa se encuentra en una situación intermedia.

Mención especial merece el caso del esparto (*Stipa tenacissima*), pues se trata de una planta relativamente termófila pero que no asciende al supramediterráneo. Por ello es tan escasa en los inventarios de Yeste, especialmente en los realizados en parcelas de mayor altitud.

Como ya hemos referido, Yeste es dentro de las tres estudiadas, la zona que tiene menor termicidad y recibe mayores precipitaciones. Ello también se refleja en los inventarios por la aparición en mayor proporción de elementos mesófilos, como se pone de manifiesto en la Tabla 60:

PLANTA	LIÉTOR	ALMANSA	YESTE
<i>Arbutus unedo</i>	2	0	7
<i>Brachypodium phoenicoides</i>	0	0	2
<i>Crataegus monogyna</i>	0	0	1
<i>Cytisus reverchonii</i>	0	0	1
<i>Erica arborea</i>	0	0	1
<i>Quercus faginea</i>	0	0	0
<i>Quercus ilex ballota</i> *	2	0	8
<i>Pistacia terebinthus</i>	1	1	5
<i>Rubus ulmifolius</i>	0	0	1
Total:	5	1	26

**Quercus ilex ballota* es planta que prospera difícilmente en el semiárido.

Tabla 60: Relación de plantas con tendencia mesófila, y número de veces que aparece en cada zona de estudio inventariada.

Además en la comarca de Yeste existen afloramientos silicatados, provenientes del depósito de arenas y se dan mayores precipitaciones que producen un cierto lavado del suelo. Todo ello motiva la presencia de varias plantas acidófilas, sobre todo del género *Cistus* (Tabla 61).

PLANTA	LIÉTOR	ALMANSA	YESTE
<i>Cistus ladanifer</i>	0	0	8
<i>Cistus laurifolius</i>	0	0	2
<i>Cistus monspeliensis</i>	1	0	16
<i>Cistus salviifolius</i>	1	0	3
<i>Erica arborea</i>	0	0	1
<i>Pinus pinaster</i>	0	0	2
Total:	2	0	32

Tabla 61: Relación de plantas acidófilas, y el número de veces que aparece en cada zona de estudio inventariada.

La comarca de Almansa tiene unos valores intermedios entre Yeste y Liétor, tanto en temperaturas como en precipitaciones. La peculiaridad de la composición florística de los inventarios allí tomados reside sobre todo en la presencia de elementos de

procedencia Setabense (Valenciana) que llegan hasta allí y de algún endemismo más frecuente en el norte de Albacete que en el resto de la provincia (*Genista pumila pumila*, *Sideritis tragoriganum mugronensis*):

PLANTA	LIÉTOR	ALMANSA	YESTE
<i>Genista pumila pumila</i>	0	10	0
<i>Erica multiflora</i>	0	6	0
<i>Thymus piperella</i>	0	1	0
<i>Sideritis tragoriganum mugronensis</i>	0	1	0
<i>Ulex parviflorus</i>	0	15	0
Total:	0	33	0

Tabla 62: Relación de plantas propias del Setabense y endemismos frecuentes en el norte de Albacete.

VII.4.2- Análisis de la vegetación y sus series.

En este apartado, se realizará un estudio de las series de vegetación empezando por las cabezas de serie (vegetación potencial) y explicando las diversas etapas seriales en sentido regresivo. Lógicamente, la dinámica postincendio va en sentido contrario: las climax, si existen, son destruidas y luego comienzan las etapas de recuperación en sentido transgresivo si las condiciones ecológicas tras el incendio lo permiten.

VII.4.2.1- Área de estudio de Yeste.

Como se ha descrito en el capítulo correspondiente a *Área de estudio*, en la zona encontramos dos cabezas de series de vegetación:

- a) Encinares de tendencia Bética (suelos calcáreos): *Paeonio coriaceae* - *Quercetum rotundifoliae* S.

Dentro de la misma, y estudiando los inventarios de campo, encontramos dos etapas seriales, sucesivamente más degradadas:

- *Crataego monogynae* - *Quercetum cocciferae*, en aquellos inventarios en donde aparece *Cytisus scoparius reverchonii* y *Quercus faginea*. Se trata de zonas de matorral de talla media o alta e importante cobertura de suelo, que infieren a la zona una protección muy alta.

Siguen otras etapas seriales, distintas dependiendo de la zona donde aparecen:

- *Pilosello capillatae* - *Brachypodietum retusi*, cerverales de las zonas de mayor altitud, supramediterráneas, caracterizados por la presencia de *Hieracium pilosella*. Son formaciones herbáceas de talla media-baja y frecuentemente dispersas, con abundancia de pastizales efímeros primaverales.

- *Teucrio pseudochamaepityos* - *Brachypodietum retusi*, cerverales mesomediterráneos de escasa talla, y fisionómicamente semejantes a los anteriores.

b) Suelos silicatados: aparecen comunidades fragmentarias de encinares de *Pyro bourgaeaneae* - *Quercetum rotundifoliae* S. de óptimo Luso-extremadureño.

En ella, encontramos diversas etapas seriales:

- *Genisto hirsutae* - *Cistetum ladaniferi*, matorrales caracterizados por la presencia de especies el género *Cistus*.

De la cual derivan dos, si la degradación es mayor:

- *Helictotricho filifolii* - *Stipetum tenacissimae*, espartizales que aparecen solamente en las solanas y / o zonas con menor altitud y presentan *Helictotrichon filifolium*.
- *Teucrio pseudochamaepityos* - *Brachypodietum retusi*, en las zonas mesomediterráneas, cerverales ya comentados, muy frecuentes.

VII.4.2.2- Área de estudio de Almansa.

La cabeza de serie más abundante en la zona es: *Asparago acutifolii-Quercetum rotundifoliae* S., con *Pinus halepensis*.

La primera etapa serial presente, sería:

- *Rhamno lycioidis* - *Quercetum cocciferae*, también puede presentar *Pinus halepensis*. Son formaciones de matorral bastante denso y de talla media-alta ricas en coscoja, espino negro, algo de lentisco, etc.

En la segunda etapa de degradación podríamos hallar varias comunidades, constituidas por matorral de talla media-baja y con densidad media:

- *Helictotricho filifolii* - *Stipetum tenacissimae*, espartizales presentes en las zonas más soleadas y con menos altitud.
- *Cisto clusii* - *Rosmarinetum officinalis*, conforme ascendemos comienza a abundar el *Cistus clusii* y el romero (*Rosmarinus officinalis*). Es frecuente que en una etapa de recuperación de un incendio aparezcan masas dominadas por el romero, casi monoespecíficas.
- *Thymo piperellae* - *Helianthemum marifolii*, matorrales de poca altura, con muchas matas, donde aparece el endemismo setabense *Thymus piperella*.

La tercera etapa, procedente de cualquiera de las tres anteriores, sería:

- *Teucrio pseudochamaepityos* - *Brachypodietum retusi*. Los omnipresentes cerverales que se caracterizan por la importante presencia de labiadas del género *Teucrium*, especialmente *Teucrium pseudochamaepitys*; constituyen matorrales dispersos, de escasa talla y abundancia de pastos efimeros primaverales.

VII.4.2.3.- Área de estudio de Liétor.

En Liétor, la vegetación potencial y cabeza de serie, debido a la aridez del clima, son coscojares y matorrales con mucho lentisco: *Rhamno lycioidis* - *Quercetum cocciferae* S., acompañados por pinares de *Pinus halepensis*, muy bien adaptados al clima, naturales o favorecidos por el hombre.

La primera etapa de degradación estaría constituida por la serie:

- *Helictotricho filifolii* - *Stipetum tenacissimae*, en donde la presencia de *Stipa tenacissima* es muy importante, indicando la termicidad de la zona.

La segunda etapa: los ya comentados:

- Cerverales de *Teucrio pseudochamaepityos* - *Brachypodietum retusi*, típicos de los diversos niveles del mesomediterráneo.

VII.4.3.- Relación entre la recuperación de la vegetación y las características geomorfológicas y la severidad del fuego.

Con la intención de conocer como ha reaccionado la vegetación al paso del incendio, dependiendo de parámetros como pendiente, orientación y severidad del fuego, hemos optado por tomar las parcelas con mayor cobertura herbácea, de matorral y con mayor y menor cobertura vegetal media, estudiando como han variado estos factores y su posible influencia. Para hacer el análisis, de una forma sencilla, se han elegido las 6 parcelas de cada área de estudio, que cumplieran los requisitos anteriores, y resumiendo sus resultados en la Tabla 63 a la Tabla 66. De esta forma tenemos:

VII.4.2.1.- Parcelas con la proporción más alta de cobertura total media.

Exposición de la ladera.

En la Tabla 63 observamos que la cobertura más alta casi siempre aparece en parcelas orientadas a umbría: 4 de 6 parcelas en los incendios de Yeste y Almansa, y 6 de 6 en el de Liétor. La explicación puede estar en que en las umbrías aparecen condiciones microclimáticas más favorables para la recolonización vegetal, agudizándose el efecto, conforme más seca y térmica es la zona, como es el caso de Liétor.

En cuanto a las parcelas orientadas a solana cuya recuperación ha sido buena, comprobamos que en Almansa, se ha producido siempre con pendientes bajas. En Yeste, la encontramos en pendientes medias y altas, pero en estos casos, siempre la severidad del fuego ha sido baja, con lo que la cobertura protectora fue poco dañada.

Pendiente de la ladera.

En buena lógica, las coberturas más altas deberían aparecer en parcelas con pendientes bajas. Sin embargo, observando la Tabla 63, apreciamos que aparecen en pendientes de todo tipo. En una visión más profunda, apreciamos que, a excepción de una parcela (la nº 50 de Yeste), todas las demás tienen exposición a umbría, con lo que las condiciones para la recuperación son menos austeras, al tiempo que la estabilidad de los agregados y la resistencia a la erosión más alta (Cerdà *et al.*, 1995; Cerdà, 1998a; Andreu *et al.*, 2001; Pierson *et al.*, 2002). Por otro lado, también coinciden en que la severidad del fuego es baja, con lo que la protección del suelo se mantiene en su mayor parte. La excepción, la pone la parcela 69 de Almansa, que se comentará en el punto siguiente.

Severidad del fuego.

Continuando con los valores de la Tabla 63, notamos que la mayor parte de las parcelas con cobertura de suelo más alta, han experimentado una severidad de fuego baja o media. Su explicación puede estar en la línea de que el fuego estimula la germinación y dispersión de muchas semillas (Wright and Heinzelman, 1973), fertiliza el suelo (Rodríguez, 1996), elimina competencia y, si es poco severo, mantiene cobertura suficiente como para proteger contra la escorrentía superficial y la erosión, con lo que la recuperación es altamente viable (Robichaud and Waldrop, 1994). De hecho, Robichaud (2000) encuentra que la cobertura en algunos incendios estudiados es superior al 80%, en el segundo año tras el fuego.

Por otro lado, vemos que aparecen dos parcelas con buena recuperación, pero afectadas por una severidad alta (una en Yeste y otra en Almansa). Ambas coinciden en que están situadas en umbría. En el caso de Almansa, incluso tiene una pendiente alta. Si observamos su estadillo de campo (parcela 69), comprobamos que tiene una excelente recuperación de *Quercus coccifera*, planta que rebrota con facilidad tras el fuego. Es decir, en este caso, probablemente antes del fuego, aparecería una importante cobertura de esta planta que, aún siendo eliminada su parte aérea, ha rebrotado con fuerza y protegido prontamente el suelo. Recordemos que con coberturas del 50% de la superficie, autores como Cerdà (2001), en ecosistemas similares, apuntan que la erosión es prácticamente nula.

VII.4.2.2.- Parcelas con la proporción más alta de cobertura herbácea.

Flora

A la luz de los datos recogidos en la Tabla 64, lo primero que destaca es que en todos los inventarios, las especies herbáceas más abundantes son gramíneas. A excepción de

dos parcelas, una en Almansa y otra en Liétor, en todas las demás la especie más abundante es el *Brachypodium retusum*. Este dato puede ser interesante, ya que uno de los métodos de rehabilitación más aplicado, justo tras el incendio, es el semillado. La abundancia de esta planta indica que se adapta con facilidad a las condiciones dejadas por el fuego y es, por tanto, una firme candidata a prosperar si es aplicada. A todo ello se le añade su gran capacidad de protección de suelo.

Exposición de la ladera

Del resto de parámetros, el único destacable es la exposición de la ladera; se denota que la cobertura herbácea va predominando en umbría, a medida que las condiciones de humedad de la estación se hacen más austeras. Así en Yeste, la más húmeda, aparecen sólo 2 parcelas en umbría con predominio de herbáceas, 3 en Almansa y 5 en Liétor, la zona más árida de las 3 estudiadas.

VII.4.2.3.- Parcelas con la proporción más alta de cobertura de matorral.

Flora

En cuanto a las plantas más frecuentes, comprobamos (Tabla 65) que la coscoja (*Quercus coccifera*) es la especie leñosa que más aparece, especialmente en Almansa. De forma global la encontramos en 9 de las 18 parcelas con mayor cobertura de matorral. Le sigue en abundancia el *Cistus albidus*, localizado en 6 parcelas, dominando en Liétor, y estando ausente en Almansa. La preponderancia de la coscoja es debida a que se trata de una planta muy abundante en estos ecosistemas y a que rebrota excelentemente tras el fuego. En lo respectivo al *Cistus albidus*, como la mayor parte de las especies de este género, la germinación de sus semillas se ve estimulada por las elevadas temperaturas provocadas por los incendios (Tapias y Gil, 2000).

Exposición de la ladera

Observamos en la Tabla 65, que la mayor proporción de cobertura leñosa se da en orientaciones de umbría, acentuándose la tendencia conforme el clima es más austero. Así, en Yeste (más húmedo y templado), las mayores coberturas aparecen en 4 parcelas en umbría y en 2 de solana; en Almansa (menos lluvioso), pasamos a 5 en umbría y 1 en solana; en Liétor, con la estación más seca y térmica, todas las parcelas con mayor proporción de matorral se encuentran en umbría.

Severidad del fuego

Se muestra la tendencia a que las más altas coberturas de matorral aparezcan con las severidades altas y medias (Tabla 65). Esto es comprensible, ya que al ser eliminado parcial o totalmente el estrato arbóreo y al no producirse rebrote en el caso del pino, el estrato arbustivo, que sí rebrota con facilidad (caso de la coscoja, madroño, genista, enebro, etc.) o que crece rápidamente a partir de semillas (como los *Cistus*), aprovecha su situación de ventaja para expandirse. El caso de Liétor es un tanto

particular, debido, fundamentalmente, a que la cobertura arbórea, antes del incendio, ya era escasa y predominaba el estrato arbustivo en la mayor parte de lugares, razón por la que entran a formar parte las parcelas con severidad baja.

VII.4.2.4.- Parcelas la menor proporción de cobertura media observada.

Flora

En la Tabla 66, vemos que en todas las parcelas que tienen la cobertura más exigua (a excepción de la nº 63 de Almansa), las especies más abundantes son de matorral.

Podría deberse a factores tales como la pendiente que, al ser alta, impida la correcta germinación o fomenta el arrastre de semillas. También a la exposición, cuyas condiciones microclimáticas adversas pueden dificultar la germinación y progreso de las plántulas. Ello lleva a que tan solo el matorral que rebrota de cepa o con semillas muy adaptadas es capaz de prosperar.

Exposición de la ladera

Se comprueba en la Tabla 66, que la mayoría de las parcelas con dificultades de recobertura se encuentran en solana. Si aparecen en umbría, se observa que la severidad del fuego está en su grado máximo, y la pendiente en el medio o alto. Una excepción es la parcela 46 de Almansa, en donde, aún en umbría y con pendiente baja, la cobertura es muy escasa.

Pendiente

En todos los casos de estudio predominan en primer lugar las pendientes altas, seguidas de las medias. No aparecen entre las de más escasa cobertura, parcelas con pendiente baja.

Severidad del fuego

Como observamos en la Tabla 66, la mayor parte de las parcelas con escasa cobertura media global, tienen una severidad de fuego alta (en todos los casos de Almansa y Liétor). En el incendio de Yeste, encontramos de todos los tipos, resaltando la parcela 28, que tiene una severidad baja. Su escasa cobertura se debe a que, como comprobamos en su ficha de campo (*Anexo IV*), la vegetación se encuentra muy heterogéneamente distribuida, dejando muchos espacios vacíos, lo que añadido a su alta pendiente, hace que no haya podido recubrirse debidamente. Posiblemente su cobertura antes del incendio fuera similarmente escasa.

INCENDIO	Nº PARCELA	ESPECIE MÁS ABUNDANTE	ABUNDANCIA	ORIENTACIÓN	PENDIENTE	% COB HERBACEA	% COB MATORRAL	% COB ARBOREA	% COB MEDIA	SEVERIDAD FUEGO CAMPO
Yeste	30	<i>Pinus halepensis</i>	4	UMBRÍA	MEDIA	70	80	0	100	ALTA
Yeste	50	<i>Cistus monspeliensis</i>	2	SOLANA	ALTA	30	40	50	85	BAJA
Yeste	14	<i>Pinus halepensis</i>	3	UMBRÍA	ALTA	10	30	45	80	BAJA
Yeste	39	<i>Brachypodium retusum</i>	3	UMBRÍA	ALTA	40	10	40	80	BAJA
Yeste	53	<i>Cistus ladanifer</i>	3	UMBRÍA	MEDIA	15	45	55	80	BAJA
Yeste	66	<i>Cistus albidus</i>	2	SOLANA	MEDIA	10	50	50	80	MEDIA
Almansa	55	<i>Pinus halepensis</i>	3	UMBRÍA	MEDIA	35	30	50	90	BAJA
Almansa	53	<i>Pinus halepensis</i>	3	UMBRÍA	ALTA	40	30	60	80	BAJA
Almansa	56	<i>Pinus halepensis</i>	3	SOLANA	BAJA	20	25	50	80	BAJA
Almansa	67	<i>Brachypodium retusum</i>	3	SOLANA	BAJA	25	15	70	80	BAJA
Almansa	66	<i>Quercus coccifera</i>	3	UMBRÍA	MEDIA	40	30	50	70	BAJA
Almansa	69	<i>Quercus coccifera</i>	3	UMBRÍA	ALTA	15	70	0	70	ALTA
Liétor	6	<i>Juniperus oxycedrus</i>	2	UMBRÍA	MEDIA	20	15	80	90	BAJA
Liétor	14	<i>Brachypodium retusum</i>	3	UMBRÍA	MEDIA	60	30	50	90	BAJA
Liétor	15	<i>Brachypodium retusum</i>	3	UMBRÍA	ALTA	60	40	30	90	MEDIA
Liétor	24	<i>Pinus halepensis</i>	3	UMBRÍA	ALTA	30	60	15	90	BAJA
Liétor	24	<i>Pinus halepensis</i>	3	UMBRÍA	ALTA	30	60	15	90	BAJA
Liétor	26	<i>Cistus albidus</i>	3	UMBRÍA	ALTA	60	50	20	90	MEDIA

Tabla 63: Parcelas con la proporción de cobertura media observada más alta, en las tres zonas de estudio.

INCENDIO	Nº PARCELA	ESPECIE MÁS ABUNDANTE	ABUNDANCIA	ORIENTACIÓN	PENDIENTE	% COB HERBACEA	% COB MATORRAL	% COB ARBOREA	% COB MEDIA	SEVERIDAD FUEGO CAMPO
Yeste	30	<i>Brachypodium retusum</i>	3	UMBRÍA	MEDIA	70	80	0	100	ALTA
Yeste	12	<i>Brachypodium retusum</i>	1	SOLANA	ALTA	50	40	30	75	MEDIA
Yeste	39	<i>Brachypodium retusum</i>	3	UMBRÍA	ALTA	40	10	40	80	BAJA
Yeste	27	<i>Brachypodium retusum</i>	3	SOLANA	ALTA	30	40	0	75	ALTA
Yeste	50	<i>Brachypodium retusum</i>	2	SOLANA	ALTA	30	40	50	85	BAJA
Yeste	72	<i>Brachypodium retusum</i>	2	SOLANA	ALTA	30	40	0	45	ALTA
Almansa	47	<i>Brachypodium retusum</i>	2	UMBRÍA	BAJA	40	10	0	50	ALTA
Almansa	52	<i>Brachypodium retusum</i>	3	SOLANA	BAJA	40	30	30	75	BAJA
Almansa	53	<i>Brachypodium retusum</i>	3	UMBRÍA	ALTA	40	30	60	80	BAJA
Almansa	59	<i>Helictotrichon filifolium</i>	2	SOLANA	ALTA	40	25	0	50	ALTA
Almansa	65	<i>Brachypodium retusum</i>	3	SOLANA	ALTA	40	25	50	75	BAJA
Almansa	66	<i>Brachypodium retusum</i>	3	UMBRÍA	MEDIA	40	30	50	70	BAJA
Liétor	14	<i>Brachypodium retusum</i>	3	UMBRÍA	MEDIA	60	30	50	90	BAJA
Liétor	15	<i>Brachypodium retusum</i>	3	UMBRÍA	ALTA	60	40	30	90	MEDIA
Liétor	26	<i>Brachypodium retusum</i>	3	UMBRÍA	ALTA	60	50	20	90	MEDIA
Liétor	25	<i>Brachypodium retusum</i>	2	UMBRÍA	MEDIA	40	50	50	60	BAJA
Liétor	31	<i>Brachypodium retusum</i>	2	UMBRÍA	MEDIA	35	35	20	70	BAJA
Liétor	7	<i>Stipa tenacissima</i>	2	SOLANA	ALTA	30	15	35	55	MEDIA

Tabla 64: Relación de parcelas con la proporción más alta de cobertura de herbáceas, en los incendios de Yeste, Almansa y Liétor.

INCENDIO	Nº PARCELA	ESPECIE MÁS ABUNDANTE	ABUNDANCIA	ORIENTACIÓN	PENDIENTE	% COB HERBACEA	% COB MATORRAL	% COB ARBOREA	% COB MEDIA	SEVERIDAD FUEGO CAMPO
Yeste	30	<i>Arbutus unedo</i>	3	UMBRÍA	MEDIA	70	80	0	100	ALTA
Yeste	10	<i>Quercus coccifera</i>	2	UMBRÍA	ALTA	10	60	30	75	MEDIA
Yeste	68	<i>Quercus coccifera</i>	2	SOLANA	ALTA	5	55	0	40	MEDIA
Yeste	73	<i>Genista scorpius</i>	3	UMBRÍA	ALTA	10	55	0	55	ALTA
Yeste	21	<i>Cistus albidus</i>	2	UMBRÍA	ALTA	20	50	0	70	ALTA
Yeste	66	<i>Cistus albidus</i>	2	SOLANA	MEDIA	10	50	50	80	MEDIA
Almansa	69	<i>Quercus coccifera</i>	3	UMBRÍA	ALTA	15	70	0	70	ALTA
Almansa	43	<i>Quercus coccifera</i>	2	UMBRÍA	ALTA	20	50	0	60	ALTA
Almansa	45	<i>Quercus coccifera</i>	1	UMBRÍA	BAJA	15	45	0	60	ALTA
Almansa	48	<i>Quercus coccifera</i>	3	UMBRÍA	MEDIA	25	40	0	50	ALTA
Almansa	57	<i>Rosmarinus officinalis</i>	2	SOLANA	ALTA	15	40	0	50	ALTA
Almansa	44	<i>Quercus coccifera</i>	2	UMBRÍA	MEDIA	20	35	0	55	ALTA
Liétor	18	<i>Cistus albidus</i>	3	UMBRÍA	ALTA	10	65	0	70	ALTA
Liétor	24	<i>Cistus albidus</i>	2	UMBRÍA	ALTA	30	60	15	90	BAJA
Liétor	8	<i>Quercus coccifera</i>	3	UMBRÍA	ALTA	30	50	0	70	ALTA
Liétor	25	<i>Cistus albidus</i>	3	UMBRÍA	MEDIA	40	50	50	60	BAJA
Liétor	26	<i>Cistus albidus</i>	3	UMBRÍA	ALTA	60	50	20	90	MEDIA
Liétor	11	<i>Quercus coccifera</i>	3	UMBRÍA	ALTA	25	45	0	60	ALTA

Tabla 65: Lista y características de las parcelas con la proporción de cobertura de matorral más alta, en los tres incendios tratados.

INCENDIO	Nº PARCELA	ESPECIE MÁS ABUNDANTE	ABUNDANCIA	ORIENTACIÓN	PENDIENTE	% COB HERBACEA	% COB MATORRAL	% COB ARBOREA	% COB MEDIA	SEVERIDAD FUEGO CAMPO
Yeste	29	<i>Quercus coccifera</i>	2	SOLANA	ALTA	10	20	30	40	MEDIA
Yeste	68	<i>Quercus coccifera</i>	2	SOLANA	ALTA	5	55	0	40	MEDIA
Yeste	70	<i>Cistus ladanifer</i>	3	SOLANA	MEDIA	20	30	0	40	ALTA
Yeste	72	<i>Quercus coccifera</i>	2	SOLANA	ALTA	30	40	0	45	ALTA
Yeste	28	<i>Rosmarinus officinalis</i>	2	SOLANA	ALTA	5	30	30	50	BAJA
Yeste	63	<i>Rosmarinus officinalis</i>	2	SOLANA	ALTA	5	20	30	50	MEDIA
Almansa	60	<i>Ulex parviflorus</i>	3	UMBRÍA	ALTA	15	30	0	30	ALTA
Almansa	51	<i>Rosmarinus officinalis</i>	2	SOLANA	ALTA	10	30	0	35	ALTA
Almansa	63	<i>Brachypodium retusum</i>	3	UMBRÍA	ALTA	25	20	0	35	ALTA
Almansa	46	<i>Pinus halepensis</i>	2	UMBRÍA	MEDIA	15	35	0	40	ALTA
Almansa	61	<i>Quercus coccifera</i>	2	UMBRÍA	MEDIA	20	30	0	40	ALTA
Almansa	62	<i>Juniperus oxycedrus</i>	2	SOLANA	MEDIA	25	20	0	40	ALTA
Liétor	28	<i>Quercus coccifera</i>	1	SOLANA	MEDIA	20	5	0	20	ALTA
Liétor	22	<i>Juniperus oxycedrus</i>	1	SOLANA	ALTA	10	30	0	30	ALTA
Liétor	1	<i>Quercus coccifera</i>	2	SOLANA	ALTA	15	30	0	35	ALTA
Liétor	2	<i>Anthyllis cytisoides</i>	2	SOLANA	MEDIA	10	35	0	35	ALTA
Liétor	3	<i>Anthyllis cytisoides</i>	2	SOLANA	ALTA	10	30	0	35	ALTA
Liétor	23	<i>Rosmarinus officinalis</i>	2	SOLANA	ALTA	5	30	0	35	ALTA

Tabla 66: Parcelas con la menor proporción de cobertura media observada, en los tres casos de estudio.

VII. 5.- ÁREAS CON PRIORIDAD DE INTERVENCIÓN FORESTAL POSTINCENDIO.

Una vez determinada la superficie que ha sido quemada por el fuego, su severidad, su pendiente y la orientación de cada unidad de superficie, combinamos todas las capas usando las matrices de doble entrada desarrolladas en el capítulo VI (*Método*). Aplicándolo sobre cada uno de los casos de estudio tenemos:

VII.5.1. Incendio de Yeste.

La superficie ocupada por cada nivel de prioridad de actuación postincendio, queda expuesta en la Tabla 67; en la Figura 41, se determina su distribución geográfica.

PAP	SUPERFICIE (ha)	%
Baja	750,8	5,3
Media	2071,6	14,5
Alta	4194,7	29,5
Extrema	7224,6	50,7
TOTAL	14241,7	100

Tabla 67: Superficie de cada tipo de necesidad de intervención forestal postincendio, en el caso de estudio de Yeste.

Observamos que la mitad de la superficie (7224,6 ha; 50,7%) tiene una necesidad extrema de intervención forestal. Esto es debido a que conjugan los parámetros más altos de severidad de fuego y orientación con altas pendientes. Le siguen en superficie, las áreas con una necesidad alta (4194,7 ha; 29,5%). Entre ambas suponen las tres cuartas partes de la superficie total incendiada. Este resultado era esperable, conocidos los valores de distribución de pendiente y severidad dentro del área quemada, y la relación entre pendiente y orientación con la severidad del fuego. El 14,5% de la superficie (2071,6 ha) lo ocupan áreas con necesidad media y finalmente, tan solo el 5,3% de la superficie (750,8 ha) tiene una prioridad baja.

Los gestores forestales deben priorizar sus recursos, especialmente en la recuperación de las zonas con prioridad extrema y alta, ya que son las que corren el mayor riesgo de erosión y, por tanto, su dificultad de regeneración natural es mayor. Si los recursos son suficientes, se pueden abordar aquellas áreas con prioridad media, mientras que en las de prioridad baja, en líneas generales, no es necesario actuación alguna, ya que la capacidad del ecosistema suele ser suficiente para recuperar la zona de forma conveniente.

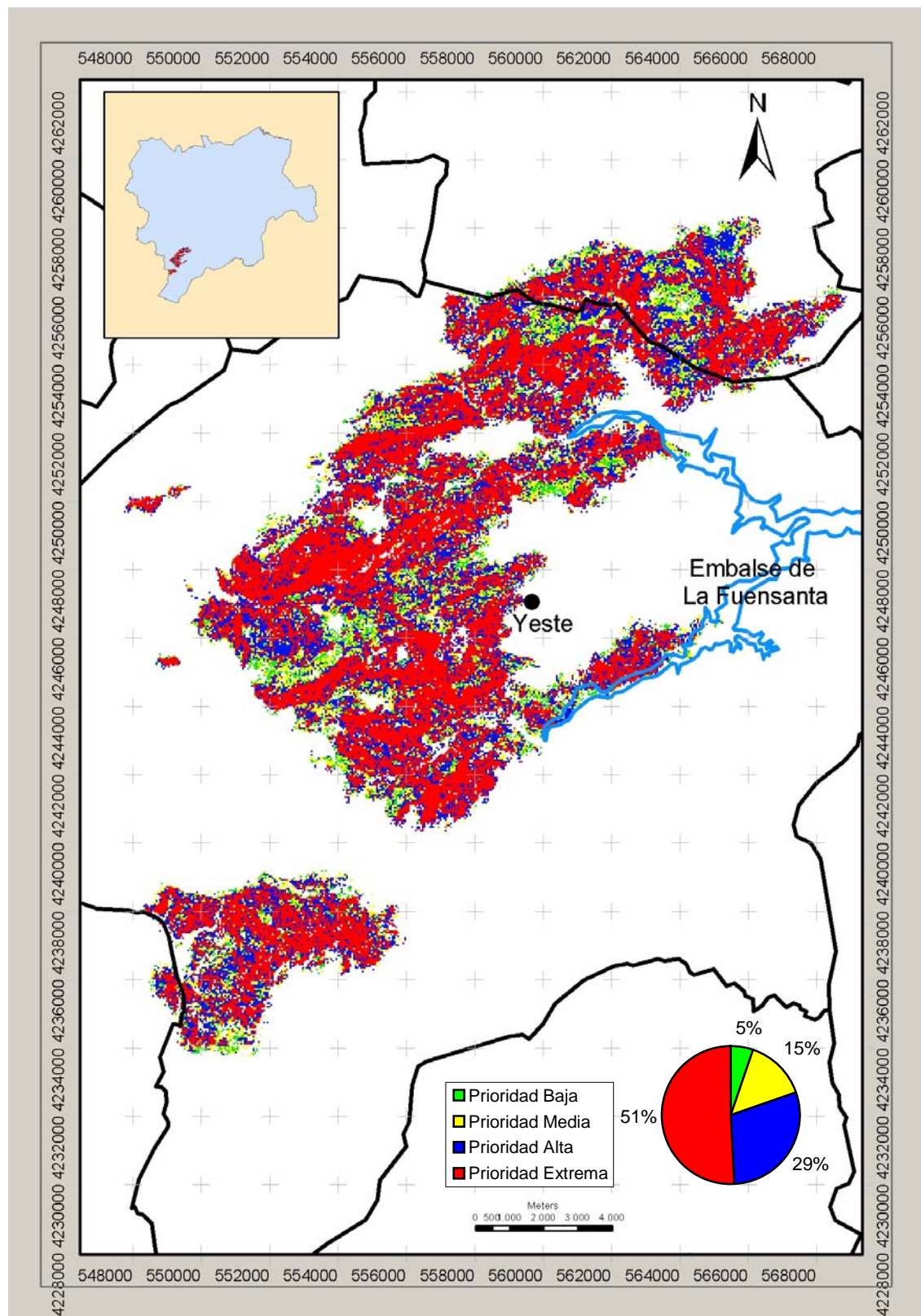


Figura 41: Mapa de Prioridad de Actuación Postincendio (PAP), en el caso de estudio de Yeste.

Finalmente, para confirmar la validez del método, hemos evaluado el nivel de erosión de 32 parcelas quemadas, 8 años después de producirse el fuego. Con ello comprobaremos si las parcelas determinadas con mayor PAP, coinciden con los mayores niveles de erosión. La tabla de cruce se muestra en el Anexo VI. La matriz de contingencia es la siguiente (Tabla 68):

Erosión Campo	NULA (0)	LIGERA (1)	MEDIA (2)	SEVERA (3)	TIERRA CON CÁRCAVAS (4)	TOTAL
PIF						
BAJA (1)	2	2	0	0		4
MEDIA (2)	2	2	0	0		4
ALTA (3)	2	6	7	0		15
EXTREMA (4)	0	0	6	3		9
TOTAL	6	10	13	3		32

Tabla 68: Matriz de contingencia entre el nivel de erosión encontrado en las 32 parcelas quemadas revisadas en campo y la necesidad de intervención forestal determinada por el proceso. Caso del incendio Yeste.

Lo primero que destaca es la ausencia del nivel de erosión máximo (tierra con cárcavas). Puede deberse a que:

- i- El tiempo transcurrido entre la aparición del fuego y el trabajo de campo no ha sido suficiente para generarlas.
- ii- Las características del material parental (calizas del Jurásico y Cretácico), las cuales han sido descritas como obstáculo a la erosión (Cerdá, 1995).

La ausencia de estas cárcavas y la escasa frecuencia de regueros (véase *Anexo IV*) sugiere que el flujo concentrado de agua es raro.

Observando la tabla comprobamos que los resultados están de acuerdo con las expectativas iniciales, ya que aparece una correlación directa entre la erosión determinada en el campo y la potencial establecida por el método, es decir, con la necesidad de intervención forestal. Así, de 4 parcelas catalogadas en PAP baja, en 2 no se observan síntomas de erosión y en otras 2 son ligeros. De las 4 parcelas de PAP media, en 2 se ha detectado una erosión ligera y en otras 2 nula. De las 15 parcelas de PAP alta, en 2 no se ha detectado erosión, en 6 ha sido ligera y en 7 media. Finalmente, en la PAP extrema, se han localizado 9 parcelas, 3 de las cuales tienen una erosión severa y 6 media.

La mayor discrepancia, la encontramos en la PAP alta, en donde encontramos 2 parcelas sin síntomas de erosión. Son las parcelas 10 y 30. En el caso de la 10, sus características son:

- Severidad de fuego: media.
- Pendiente: 25°.

- Orientación: 350 (NNO).
- Vegetación: pinar con encinas.

La explicación puede estar en que, aunque la pendiente sea muy alta, el hecho de mantener bastante cobertura vegetal tras el fuego (severidad media) y estar el terreno orientado al norte, donde las condiciones microclimáticas son más benévolas, al tiempo que aparece un bosque mixto con encinas, buenas rebrotadoras tras el fuego, es fácil que se haya producido una recuperación del ecosistema, mucho mejor de la esperada.

En el caso de la parcela 30:

- Severidad del fuego: alta.
- Pendiente: 22°.
- Orientación: 350 (NNO).
- Vegetación previa: pinar de *Pinus halepensis*.

En este caso, observando los datos de la ficha de campo correspondiente, apreciamos que existe una gran cobertura herbácea, particularmente de *Brachypodium retusum*, especie que tapiza muy bien el suelo y evita gran parte de las pérdidas del mismo por erosión. Por otro lado, este tapiz impide en gran medida la observación del suelo y, por tanto, de los síntomas de la erosión existente. Finalmente, las condiciones de la umbría quizá hayan facilitado la recuperación de la gran cantidad de vegetales que brotan de cepa y raíz (*Arbutus unedo*, *Quercus coccifera*, *Erica arborea*, etc.).

Para confirmar estadísticamente el acuerdo entre las dos clases, se ha aplicado el test χ^2 , obteniéndose unos valores de $\chi^2=22,72$, con $p=0,006$ (para 9 grados de libertad), lo que significa que la correlación entre PAP y la erosión es estadísticamente significativa.

VII.5.2. Incendio de Almansa.

Aplicando las tablas de doble entrada que operan la pendiente, la orientación y la severidad de la superficie quemada, en el incendio de Almansa, obtenemos la siguiente distribución de superficies, según su prioridad de actuación forestal (Tabla 69).

PAP	SUPERFICIE (ha)	%
Prioridad Baja	165,2	8,4
Prioridad Media	420,8	21,5
Prioridad Alta	647,1	33,1
Prioridad Extrema	724,5	37,0
Total	1957,6	100,0

Tabla 69: Superficie de cada tipo de necesidad de intervención forestal postincendio, en el caso de estudio de Almansa.

Fijándonos en los resultados, comprobamos que más de un tercio de la superficie total quemada (724,5 ha; 37%) tiene una prioridad extrema de intervención forestal. La necesidad alta, concentra a un tercio de superficie (33,1%; 647,1 ha). El 21,5% del terreno (420,8 ha) lo ocupan áreas con necesidad media y finalmente, el 8,4% (165,2 ha) tienen una prioridad baja.

Para confirmar la validez del método, hemos evaluando el nivel de erosión de 26 parcelas quemadas, 3 años después de producirse el fuego. Con ello, comprobaremos la existencia de la correlación existente entre la PAP determinada por el método propuesto, con la erosión experimentada en las parcelas examinadas. La tabla de cruce se muestra en el *Anexo VI*. La matriz de contingencia es la siguiente (Tabla 70):

Erosión Campo	NULA (0)	LIGERA (1)	MEDIA (2)	SEVERA (3)	TIERRA CON CÁRCAVAS (4)	TOTAL
PIF						
BAJA (1)	1	2				3
MEDIA (2)	4	5				9
ALTA (3)		1	4			5
EXTREMA (4)			6	3		9
TOTAL	5	8	10	3		26

Tabla 70: Matriz de contingencia entre el nivel de erosión encontrado en las 26 parcelas quemadas revisadas en campo y la necesidad de intervención forestal determinada por el proceso. Caso del incendio de Almansa.

En esta tabla (Tabla 70), destaca la ausencia del nivel de erosión máxima (tierra con cárcavas). Las razones podrían ser las mismas que en el caso de Yeste: las características del terreno y el insuficiente tiempo transcurrido.

Comprobamos, asimismo, que los resultados están en acuerdo con las expectativas iniciales, ya que aparece una correlación directa entre la erosión determinada en el campo y la potencial establecida por el método. Así, de 3 parcelas determinadas en PAP baja, en una no se observan síntomas de erosión y en dos son ligeros. De 9 parcelas en PAP media, en 5 se detecta una erosión ligera y en 4 no aparecen síntomas de erosión. 5 parcelas aparecen en PAP alta, de las cuales 4 tienen erosión media y una erosión ligera. Finalmente, en la PAP extrema encontramos de 9 parcelas, 3 tienen una erosión severa y 6 media.

Tan solo destaca la buena recuperación que han tenido las parcelas de PAP media, en donde el 45% de ellas no tienen síntomas de erosión.

Para confirmar estadísticamente el acuerdo entre las dos clasificaciones (PAP/erosión), se ha aplicado el test χ^2 , obteniéndose unos valores de $\chi^2 = 26,37$, con $p=0,001$ (para 9 grados de libertad), lo que significa que la correlación entre PAP y la erosión es estadísticamente significativa.

VII.5.3. Incendio de Liétor.

El reparto de la superficie quemada en el incendio de Liétor, con respecto a la Prioridad de Actuación Postincendio, es la siguiente (Tabla 71, Figura 43):

PAP	SUPERFICIE (ha)	%
Prioridad Baja	232,9	15,1
Prioridad Media	369,1	23,9
Prioridad Alta	501,3	32,5
Prioridad Extrema	437,9	28,4
Total	1541,2	100,0

Tabla 71: Superficie de cada tipo de necesidad de intervención forestal postincendio, en el caso de estudio de Liétor.

A la luz de estos resultados, comprobamos que el 28,4% de la superficie quemada (437,9 ha de un total de 1541,2 ha), tiene una necesidad extrema de intervención forestal. Sin embargo, la mayor proporción de superficie se concentra en la prioridad alta (501,3 ha; 32,5%). El 23,9% de la superficie (369,1 ha) lo ocupan áreas con necesidad media y finalmente, casi el 15,1% (232,9 ha), tienen una prioridad baja.

Debería ser, por tanto, prioridad de los gestores forestales, la conveniente actuación forestal sobre el 60% de la superficie (las zonas con necesidad extrema y alta). Como ya se ha comentado y puede comprobarse en los inventarios, las zonas de prioridad baja y media, tienen capacidad suficiente para recuperarse, y los niveles de erosión son bajos.

Finalmente, igual que en los casos anteriores, la validez del método se ha evaluando examinando el nivel de erosión de 27 parcelas quemadas, 3 años después de producirse el fuego. La matriz de contingencia es la siguiente (Tabla 72). En ella, e igual que en los incendios precedentes, no encontramos ninguna parcela con el nivel de erosión 4 (tierra con cárcavas). Sus razones son las que se han expuesto en los incendios de Yeste y Almansa (insuficiente tiempo transcurrido, y tipo de material parental).

Erosión Campo PIF	NULA (0)	LIGERA (1)	MEDIA (2)	SEVERA (3)	TIERRA CON CÁRCAVAS (4)	TOTAL
BAJA (1)	6					6
MEDIA (2)		3				3
ALTA (3)		4	3	1		8
EXTREMA (4)			8	2		10
TOTAL	6	7	11	3		27

Tabla 72: Matriz de contingencia entre el nivel de erosión encontrado en las 26 parcelas quemadas revisadas en campo y la necesidad de intervención forestal determinada por el proceso. Caso del incendio de Liétor.

Una visión de la tabla nos conduce a pensar que los resultados están en acuerdo con las expectativas iniciales, ya que aparece una correlación directa entre la erosión determinada en el campo y la potencial establecida por el método. Así, de 6 parcelas determinadas en PAP baja, en ninguna se observan síntomas de erosión. En las 3 parcelas en PAP media aparece erosión ligera. En la clase de prioridad alta, es donde aparece la mayor dispersión: de 8 parcelas clasificadas en este nivel, en 4 encontramos erosión ligera, en 3 erosión media y en 1 erosión alta. Finalmente, en la PAP extrema encontramos, de un total de 10 parcelas, 2 con erosión severa y 8 con media.

El caso más destacable es el de la parcela número 1 que, con PAP alta, muestra en campo una erosión severa. Las características de esta parcela son:

- Severidad de fuego: alta
- Pendiente: 29°
- Orientación: 259 (OSO)
- Vegetación: pinar de *Pinus halepensis*, con escasa cobertura.

Con estas características, la parcela estaría ubicada en PAP extrema, pero debido a un error en el método de clasificación por teledetección, este la detectó con severidad del fuego media, con lo cual ha sido asignada a un grado inferior de PAP. Asimismo, la escasa cobertura vegetal, la alta severidad del fuego, la elevada erosión y la exposición en solana, han contribuido, al unísono, eliminando de forma importante el suelo más útil de la parcela, observándose claros síntomas de erosión.

Al igual que en los incendios anteriores, para confirmar estadísticamente el acuerdo entre las dos clasificaciones (PAP/erosión), se ha aplicado el test χ^2 , obteniéndose unos valores de $\chi^2 = 42,48$, con $p = 2,68 \cdot 10^{-6}$ (para 9 grados de libertad), lo que significa que la correlación entre PAP y la erosión es estadísticamente significativa.

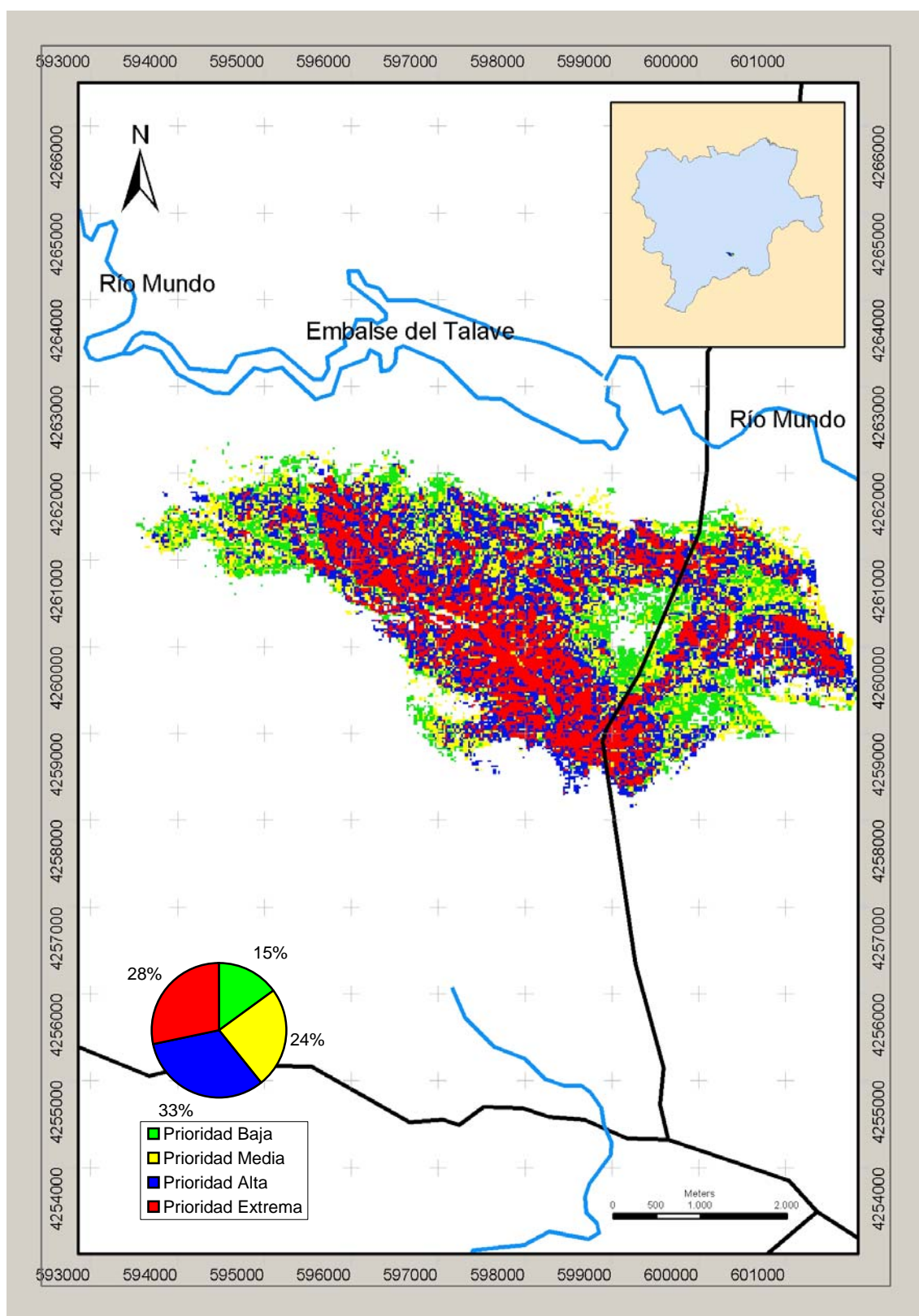


Figura 43: Mapa de Prioridad de Actuación Postincendio (PAP), en el caso de estudio de Liétor.

VII.5.4. Resumen de procesos de obtención del mapa de PAP.

Sintetizando los resultados obtenidos, tras la aplicación del método propuesto en los tres incendios, tenemos (Tabla 73):

INCENDIO	PRIORIDAD DE ACTUACIÓN POSTINCENDIO (% de superficie)			
	BAJA	MEDIA	ALTA	EXTREMA
Yeste	5,3	14,5	29,5	50,7
Almansa	8,4	21,5	33,1	37,0
Liétor	15,1	23,9	32,5	28,4

Tabla 73: Porcentaje de superficie ocupada por cada nivel de Prioridad de Intervención Postincendio, en los tres casos estudiados.

Lo primero que puede resaltarse de los resultados, es que no es necesario abordar la rehabilitación de toda el área quemada por el fuego, así se optimizan los recursos disponibles. No obstante, el porcentaje de superficie que debe tener una prioridad Alta y Extrema (las más vulnerables) es siempre el más alto, lo que viene a significar que los ecosistemas estudiados, dadas sus características, tiene una importante necesidad de actuación postincendio.

Rasgo común a todos los incendios es que las proporciones más bajas de superficie quemada aparecen en las prioridades Baja y Media, y las más altas en la Extrema, a excepción del caso de Liétor, en donde la mayor concentración se encuentra en la prioridad Alta y donde las proporciones de cada clase se encuentran más equilibradas que en el resto.

De los tres incendios estudiados, el de Yeste se muestra como el más grave, ya que casi cuatro quintas partes de la superficie quemada (80%), tienen una prioridad Alta y Extrema. La razón puede ser que, como hemos visto en resultados anteriores, se trata del caso en donde el fuego ha sido más severo, y tiene mayor extensión de superficies con pendientes altas.

Le sigue el de Almansa, con algo menos de tres cuartos del área total (70%) en las clases Alta y Extrema. Apreciamos, sin embargo, una sensible disminución de las necesidades Extremas, debido a que la proporción de pendientes altas es la más escasa.

En el incendio de Liétor, la proporción de las prioridades más altas ha descendido hasta los dos tercios (61%), causado principalmente por el aumento de la proporción de superficie quemada en la clase de severidad inferior y al hecho de que las pendientes bajas y medias ocupen una importante proporción. Se trata de un resultado muy lógico, si pensamos que en Liétor, en las formaciones vegetales, predomina el matorral, mientras que en los anteriores, escaseaba en favor de la gran cobertura de pinos. La mayor parte del matorral quemado tiene gran facilidad para rebrotar vigorosamente, de

forma inmediata tras el fuego, mientras que el pinar necesita comenzar su regeneración a partir de semillas, lo que proporciona una menor capacidad de protección del suelo.

Finalmente, considerando los resultados obtenidos en la relación entre la Prioridad de Actuación Postincendio y la erosión hallada en cada una de las parcelas examinadas, se aprecia una muy buena correlación, con valores del estadístico χ^2 y p muy favorables (Tabla 74).

INCENDIO	χ^2	p
Yeste	22,72	0,006
Almansa	26,37	0,001
Liétor	42,48	$2,68 \cdot 10^{-6}$

Tabla 74: Valor del estadístico χ^2 y de p obtenido en las matrices de contingencia entre la PAP y la erosión determinada en las parcelas de estudiadas en los tres incendios.

De especial relevancia resulta el hecho de que en ninguna de las 85 parcelas muestreadas en el campo (Tabla 75), aparezca la clase Tierra con cárcavas. También resalta la escasez de la erosión severa (11%), todo ello síntoma de la buena capacidad de recuperación de la cubierta protectora, y de las características del material parental en el que nos encontramos, aunque quizá si se deja transcurrir más tiempo, estos síntomas de erosión se harán más evidentes y agudos. La clase más abundante es la de erosión media (40%), seguida de la erosión ligera (29%) y de las parcelas sin síntomas de erosión (20%). Quizá haya que señalar la diferencia de antigüedad del incendio de Yeste, con respecto a los otros dos.

Erosión Campo	NULA (0)	LIGERA (1)	MEDIA (2)	SEVERA (3)	TIERRA CON CÁRCAVAS (4)	TOTAL
Incendio						
Yeste	6	10	13	3	0	32
Almansa	5	8	10	3	0	26
Liétor	6	7	11	3	0	27
TOTAL	17	25	34	9	0	85

Tabla 75: Erosión determinada en las 85 parcelas examinadas en el campo.

En todos los casos, la aplicación de este método representa una herramienta de gran utilidad para los gestores. En efecto, el disponer de estos resultados en tiempo y forma permitiría a los gestores forestales priorizar sus recursos, especialmente en la recuperación de la superficie constituida por las áreas con necesidad extrema y alta, dado que son las que corren el mayor riesgo de erosión y, por tanto, su dificultad de regeneración natural es mayor. Si los recursos son suficientes, se pueden abordar las parcelas con prioridad media, mientras que en las de prioridad baja, en líneas generales, no es necesario actuación alguna. En estas últimas, como hemos comentado en el

capítulo de conceptos previos, y como se comprueba en los estudios de campo, la erosión es muy ligera y la capacidad del ecosistema suele ser suficiente para recuperar la zona de forma adecuada.

Capítulo VIII:

Conclusiones



Imagen de portada: Incendio de Yeste. Regeneración natural de una solana. Abunda el *Linum sufruticosum*.

Capítulo VIII:

Conclusiones

“Una conclusión no es más que el punto en el que alguien se ha cansado de pensar”

Anónimo

En este capítulo se presentan las conclusiones alcanzadas una vez examinados los resultados obtenidos a lo largo de todo el trabajo. Pueden sintetizarse en los siguientes puntos, relacionados con los objetivos citados en el capítulo II, *Justificación y objetivos*:

A) OBJETIVO PRINCIPAL.

Recordemos que el objetivo principal de esta tesis doctoral ha sido el desarrollar un método capaz de estimar las zonas con Prioridad de Actuación Postincendio forestal (PAP). Como se ha comprobado en los resultados alcanzados en el capítulo VII, *Resultados*, el objetivo ha sido logrado, pudiendo extraer las siguientes conclusiones:

- El cruce de las previsiones del método de estimación de la PAP forestal, con el nivel de erosión observado en las parcelas de muestreo se ajusta bien a las expectativas: los valores inferiores de prioridad se asocian a parcelas con erosión baja o nula, mientras que las prioridades más altas, lo hacen a los mayores niveles de erosión encontrados. Todo ello queda demostrado con las tablas de contingencia y los estadísticos calculados.
- Las áreas en donde es más necesario una actuación postincendio forestal, encaminada a la rehabilitación del ecosistema, son sustancialmente menores que la totalidad de la zona quemada. La reducción parece mayor cuanto más abierta sea la masa que ha sido afectada.
- Aún así, estas áreas con Prioridad de Actuación Postincendio alto y extremo siempre concentran la mayor proporción de superficie total quemada.

B) OBJETIVOS SECUNDARIOS.

Siguiendo el orden establecido en el capítulo II, *Justificación y objetivos*, pasaremos a citar los demás objetivos propuestos, acciones realizadas y conclusiones obtenidas:

1.- Desarrollo de un método de estimación de la severidad del fuego utilizando imágenes de satélite.

Se han propuesto y examinado 6 métodos de teledetección para la estimación de la severidad del fuego. De los resultados logrados, podemos concluir:

- La estimación de la severidad con que el fuego ha afectado a los ecosistemas forestales mediterráneos es viable utilizando tratamiento digital de imágenes Landsat TM y ETM+.
- El método de diferencia normalizada de NDVI se manifiesta como el más estable, y el que mejores resultados obtiene en los tres incendios evaluados.
- Los valores umbral que definen los rangos de cada nivel de severidad no son constantes en ninguno de los métodos, variando en cada incendio de forma sustancial, lo que nos indica que cada incendio deberá ser tratado como un caso particular.

2.- Elaboración de diferentes matrices de combinación de datos.

En el capítulo VI, *Método*, se han propuesto matrices de doble entrada que hacen confluir la pendiente, orientación y severidad del fuego de cada zona incendiada. Su producto es el mapa PAP que, como hemos relatado en el objetivo principal, ha resultado satisfactorio. De este modo, podemos concluir que las tablas propuestas son adecuadas en los casos estudiados.

3.- Análisis de la superficie quemada con respecto a la orientación, la pendiente y la severidad del fuego.

a) Distribución de la superficie quemada en relación a la pendiente y la orientación:

Analizada la distribución de la pendiente y la orientación de los tres incendios estudiados, concluimos que:

- En general, parece que hay una tendencia a que se queme mayor proporción de superficie en pendientes altas, y menor en pendientes bajas. En esta correlación tienen un gran peso las características geomorfológicas del entorno incendiado y, particularmente, la ubicación de las zonas forestales en las áreas mediterráneas.

- Con los resultados obtenidos, no se encuentra ningún patrón que relacione la extensión de la superficie quemada y la exposición de las laderas.

b) Análisis de la distribución de la severidad del fuego en los incendios examinados:

Estudiada la distribución superficial de la severidad del fuego en los incendios de Yeste, Almansa y Liétor, podemos concluir:

- La severidad con que el fuego modifica los ecosistemas tiende a ser alta. De esta forma, la severidad alta ocupa la mayor proporción de superficie, la baja es la de menor extensión y la severidad media aparece con un área intermedia entre ambas.
- Parece existir una inclinación hacia el mayor equilibrio en la proporción de severidades, cuando los ecosistemas son más abiertos, y con cobertura arbórea y de matorral más dispersa.
- Dentro de un incendio, las severidades tienden a aparecer dispuestas de forma no totalmente azarosa: la severidad baja en los límites del fuego, junto a cauces (permanentes o no), caminos, cultivos, etc. La severidad media, a modo de islas entre grandes zonas de severidad alta, o como transición entre éstas y las parcelas con severidad baja. En el resto, que suele ser la mayor parte de la superficie, se localiza la severidad alta.

4.- Análisis de la orientación y pendiente del área quemada, con respecto a la severidad del fuego.

Estudiado el comportamiento de la severidad del fuego, en relación con la orientación y la pendiente, hemos llegado a las siguientes conclusiones:

- Proporcionalmente, las severidades más altas se producen en las umbrías y, dentro de esta exposición, la superficie quemada aumenta conforme asciende el grado de severidad.
- En la solana suelen aumentar las proporciones de severidades medias y bajas y, en general, disminuye la desproporción entre clases.
- En cuanto a la relación entre orientación y severidad del fuego, la severidad alta parece concentrarse principalmente en las pendientes más elevadas. Por el contrario, y en general, las severidades medias lo hacen en las pendientes más bajas.
- En las pendientes medias y altas, la proporción de superficie quemada aumenta con el grado de severidad.

5.- Estudio y valoración del nivel de recuperación de la vegetación.

Analizados los inventarios florísticos de Yeste, Almansa y Liétor, podemos extraer las siguientes conclusiones:

- La vegetación es un excelente indicador de las características físicas y ambientales del territorio donde se asienta.
- Las parcelas con mayor cobertura vegetal media tras el fuego:
 - Aparecen predominantemente en umbría, y de forma más acusada cuanto más árido sea el clima de la zona.
 - La severidad con que el fuego las ha afectado es generalmente media o baja.
- Con respecto a las parcelas con mayor cobertura herbácea tras el fuego:
 - Las plantas más frecuentes (dominantes) pertenecen a la familia de las gramíneas, especialmente el *Brachypodium retusum*, por lo que se convierte en una planta de gran interés para el semillado artificial tras el fuego.
 - Las plantas herbáceas predominan en umbría cuando las estaciones son secas, y van aumentando en la solana conforme el clima del área se hace menos austero.
- Considerando las parcelas con mayor cobertura de matorral:
 - La coscoja (*Quercus coccifera*), seguida de la jara blanca (*Cistus albidus*), son las especies leñosas más abundantes en estas parcelas.
 - La recuperación del matorral se produce de forma más clara en la umbría, siendo más acusado el fenómeno cuanto más severa sea la estación de la zona quemada.
 - Las coberturas más altas aparecen en las severidades altas y medias.
- Finalmente, en las parcelas con la cobertura media más baja:
 - Las especies dominantes son matorrales.
 - La mayor parte de estas parcelas se encuentran en solana; si están orientadas a umbría, siempre tienen una severidad de fuego alta y una pendiente media o alta.
 - No aparecen pendientes bajas en esta categoría de parcelas.
 - Básicamente, la severidad del fuego es siempre alta. En caso contrario, la parcela tiene una pendiente elevada.

6.- Evaluación del proceso de erosión.

Estimado el nivel de erosión en 85 parcelas, repartidas entre los tres incendios, concluimos que:

- La mayor concentración de parcelas ha sufrido niveles de erosión medio y bajo.
- Son escasas las parcelas, en todos los incendios estudiados, en las que aparece una erosión severa.
- Destaca la ausencia del nivel más alto de erosión (tierra con cárcavas).

Bibliografía

Bibliografía

- Agee, JK, 1993. *Fire ecology of Pacific northwest forests*. Island Press, Washington, DC.
- Albini, FA, 1976. *Computer-Based Models of Wildland Fire Behaviour. A user's Manual*. USDA forest service INT, Ogden, UTHA.
- Alexander, MD, 1982. Calculating and interpreting forest fire intensities. National Research Council of Canada. 349-357.
- Andreu, V, Forteza, J, Cerni, R y Rubio, JL, 1993. Efecto protector de especies arbustivas contra los procesos de erosión hídrica: *Medicago arborea*. XII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, Salamanca, 1589-1594.
- Andreu, V, Rubio, JL, Forteza, J and Cerni, R, 1994. Long term effects of forest fires on soil erosion and nutrient losses. In: Soil erosion and degradation as a consequence of forest fires (M. Sala J.L. Rubio Eds). Geoforma Ediciones, Logroño. 79-89
- Andreu, V, Rubio, JL, Forteza, J and Cerni, R, 1996. Postfire effects on soil properties and nutrient losses. *International Journal of Wildland Fire*, 6: 53-58.
- Andreu, V, Rubio, JL and Cerni, R, 1998. Effects of Mediterranean shrub cover on water erosion (Valencia, Spain). *Journal of Soil and Water Conservation*, 53: 112-120.
- Andreu, V, Imeson, AC and Rubio, JL, 2001. Temporal changes in soil aggregates and water erosion after a wildfire in a Mediterranean pine forest. *Catena*, 44: 69-84.
- Ardizzone, J., Arozarena, A, Delgado, J, Herrero, M, Villa, G y Vivas, P, 1993. Análisis estadístico para la corrección geométrica de imágenes de satélite. En: Actas de la IV Reunión Científica de la Asociación Española de Teledetección. Sevilla. 78-85.
- Babbitt, B, 1995. To take up the torch: The hidden risks of fire exclusion; how and why we must return the flames to its rightful place in the west. DOI all employee distribution, reinvention hotline special issue.
- BAER, 2000. Cerro Grande Fire Burned Area Emergency Rehabilitation (BAER) plan. Interagency BAER Team, Los Alamos, NM.
- Baker, MB Jr, 1990. Hydrologic and water quality effects of fire. In: Effects of fire management of Southwestern natural resources Proceedings (Krammes, JS, tech. coord.). Tucson, AZ. General Technical Report RM-191.: US Dpt. of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. Ft. Collins, CO.
- Baker, WL, 1992. Effects of settlement and fire suppression on landscape structure, *Ecology*, 73: 1879-1887.
- Benavides-Solorio, J de D, Madonald, Lhan Pietrszak, J, 2002. Measuring and Predicting Post-fire Erosion Rates at the hillslope scale, Colorado Front Range. Denver Annual Meeting. Geomorphic Impacts of Wildfire
- Bertolette, D and Spotskey, D, 2001. Remotely sensed burn severity mapping. Crossing Boundaries in Park Management: Proceedings of the 11th Conference on Research and Resource Management in Parks and on Public Lands. (Harmon D, Ed.) Hancock, Michigan. 44-51.

- Bibby JS and Mackney D, 1969. Land use capability classification. The Soil Survey Technical Monograph 1. USA.
- Billingsley, FC, 1983. Data processing and Reprocessing. In: Manual of Remote Sensing (Colwell, RN, Ed.). American Society of Photogrammetry. Falls Church, Virginia. 719-792.
- Bobbe, T, Lachowski, H, Maus, P, Greer, J, Dull, C, 2001a. A primer on mapping vegetation using remote sensing. *International Journal of Wildland Fire*, 10: 277-287.
- Bobbe, T, Finco, MV, Quayle, B, Lannom, K, Sohlberb R, Parsons, A, 2001b. Field Measurements for the Training and Validation of Burn Severity Maps from Spaceborne, Remotely Sensed Imagery. Final Project Report. Joint Fire Science Program-2001-2. USDA Forest Service, Salt Lake City, Utah.
- Bosque, J, 1994. *Sistemas de Información Geográfica*. Rialp. Madrid.
- Braun-Blanquet, J, 1979. *Fitosociología*. Blume. Madrid.
- Brumby, SP, Harvey, NR, Bloch, JJ, Theiler, J, Perkins, S, Young, AC, and Szymanski, JJ, 2001. Evolving forest fire burn severity classification algorithms for multi-spectral imagery. *Proceeding of SPIE* 4381: 236-245.
- Burrough, PA, 1986. *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*. Oxford University Press. New York. USA.
- Burgan, RE and Shasby, MB, 1984. Mapping broad-area fire potential from digital fuel, terrain, and weather data. *Journal of Forest*, 228-231.
- Cabezudo, B, Pérez Latorre, A y Nieto, JM, 1995. Regeneración de un alcornocal incendiado en el sur de España (Istán, Málaga). *Acta Botánica Malacitana*, 20: 143-151.
- Calera, A, 2000. Seguimiento mediante teledetección de la cubierta vegetal de los cultivos de secano y su relación con variables climáticas en Castilla-La Mancha. Tesis doctoral. Universidad de Valencia. Valencia.
- Calera A, Martínez C, Melia J, 2001. A procedure for obtaining green plant cover: relation to NDVI in a case study for barley. *International Journal of Remote Sensing* 22: 3357-3362.
- CAMA-CM, 1994. Parte del Incendio Forestal de Yeste (Albacete). Consejería de Agricultura y Medio Ambiente (CAMA). Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha (CM). Albacete.
- CAMA-CM, 2000a. Parte del Incendio Forestal de Almansa (Albacete). Consejería de Agricultura y Medio Ambiente (CAMA). Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha (CM). Albacete.
- CAMA-CM, 2000b. Parte del Incendio Forestal de Liétor (Albacete). Consejería de Agricultura y Medio Ambiente (CAMA). Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha (CM). Albacete.
- Carapella, R, 1996. Assessing fire risk using a GIS-based approach. *Earth Observation Magazine*, 5: 22-26.
- Carlson TN and Ripley D, 1997. On the relation between NDVI, fractional vegetation cover and leaf area index. *Remote Sensing of Environment*, 62, 241-252.
- Cerdà, A, 1993. Incendios forestales y estabilidad de agregados. *Cuadernos de Geografía*, 53: 1-16.
- Cerdà, A, 1995. Factores y variaciones espacio-temporales de la infiltración en los ecosistemas mediterráneos. Monografías Científicas 5, Geoforma Ediciones, Logroño.

- Cerdà, A, 1997. The effect of patchy distribution of *Stipa tenacissima* L. on runoff and erosion. *Journal of Arid Environments*, 36: 37-51.
- Cerdà, A, 1998a. The influence of aspect and vegetation on seasonal changes in erosion under rainfall simulation on a clay soil in Spain. *Canadian Journal of Soil Science*, 78: 321-330.
- Cerdà, A, 1998b. Post-fire dynamics of erosional processes under Mediterranean climatic conditions. *Z. Geomorph. N.F.*, 42: 373-398.
- Cerdà A, 1998c. Relationships between climate and soil hydrological and erosional characteristics along climatic gradients in Mediterranean limestone areas. *Geomorphology*, 25: 123-134.
- Cerdà, A, 1999. Parent material and vegetation affect soil erosion in eastern Spain. *Soil Science Society of America Journal*, 63: 362-368.
- Cerdà, A, 2001. Erosión hídrica del suelo en el territorio valenciano. El estado de la cuestión a través de la revisión bibliográfica. *Geoforma ediciones*. Logroño.
- Cerdà A and García-Fayos P, 1997. The influence of slope angle on sediment, water and seed losses on badland landscapes. *Geomorphology*, 18: 77-90.
- Cerdà A, Imeson, AC, Calvo A, 1995. Fire and aspect induced differences on the erodibility and hydrology of soils at La Costera, Valencia, southeast Spain. *Catena*, 24: 289-304.
- Chakroun, H, Bonn, F and Fortín, JP, 1993. Combination of single storm erosion and hydrological models into a geographic information system. In: S. Wcherek (Ed.). *Farm Land Erosion in Temperate Plains Environment and Hills*. Elsevier Science Publishers. Canadá. 261-270.
- Chandler, C, Cheney, P, Thomas, P, Trabaud, L, Williams, D, 1983. *Fire in Forestry*. Vol 1 and 2. John Wiley, New York.
- Chuvieco, E, 1996. *Fundamentos de Teledetección espacial*. RIALP. Madrid. España.
- Chuvieco, E, 2002. *Teledetección ambiental*. Ariel. Barcelona. España.
- Chuvieco E, and Congalton, RG, 1988. Mapping and Inventory of Forest Fires from Digital Processing of TM Data. *Geocarto International*, 4: 41-53.
- Chuvieco, E and Martín, P, 1994. Global FIRE mapping and FIRE danger estimation using AVHRR images. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 60: 563-570.
- Chrisman, N, 1997. *Exploring Geographic Information Systems*. John Wiley and Sons, Inc. USA.
- Cialella, AT, Dubayah, R, Lawrence, W and Levine, E, 1997. Predicting soil Drainage Class using Remotely Sensed and Digital Elevation Data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 63: 171-178.
- Cihlar J, Dobson MC, Schmugge T, Hoogeboom P, Janse ARP, Bare F, Guyot G, Le Toan T and Pampaloni P, 1987. Procedures for the description of agricultural crops and soils in optical and microwave remote sensing studies. *International Journal of Remote Sensing*, 8: 427-439.
- Colin, PY; Jappiot, M, 2001. Prevention and rehabilitation policies in response to forest fires origin. *Info DFCI*, 47.
- Colin, PY, Jappiot, M, Mariel, A, Brochiero, F, Veillon, S, 1999. Politiques de prévention et de réhabilitation en réponse aux origines des incendies de forêt. Exemple de 4 pays du bassin méditerranéen (Chypre, Maroc, Syrie, Tunisie). In: *Les incendies des forêts méditerranéennes : prévention - extinction - érosion du sol*

- reforestation. Conférence scientifique internationale, 3-6 février 1999, Athènes, Commission nationale hellénique pour l'UNESCO. Grèce.
- Comas, D y Ruiz, E, 1993: *Fundamentos de los Sistemas de Información Geográfica*. Ed. Ariel. Barcelona.
- Conel, JE, 1990. Determination of surface reflectance and estimates of atmospheric optical depth and single albedo from Landsat Thematic Mapper data. *International Journal of Remote Sensing*, 1: 783-828
- Congalton, 2001
- Coppin, PR and Bauer, ME, 1994. Processing of multitemporal Landsat TM imagery to optimise extraction of forest cover change features. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 32: 918-927.
- Coppin, PR and Bauer, ME, 1996. Digital Change Detection in Forest Ecosystems with Remote Sensing Imagery. *Remote Sensing Reviews*, 13: 207-234.
- Colin, PY, Jappiot, M, Mariel, A, Brochiero, F and Veillon, S, 1999. Politiques de prévention et de réhabilitation en réponse aux origines des incendies de forêt. Exemple de 4 pays du bassin méditerranéen (Chypre, Maroc, Syrie, Tunisie). Les incendies des forêts méditerranéennes : prévention - extinction - érosion du sol - reforestation. Conférence scientifique internationale, 3-6 février 1999, Athènes. Commission nationale hellénique pour l'UNESCO. Grèce.
- Congalton, RG, 2001. Accuracy assessment and validation of remotely sensed and other spatial information. *International Journal of Wildland Fire*, 10: 321-328.
- Congalton, RG and Green, K, 1999. *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Applications*. Lewis Publishers. Boca Raton, USA.
- Covington, WW, and Moore, MM, 1994. Southwestern ponderosa forest structure: changes since Euro-American settlement. *Journal of Forestry*, 92: 39-47.
- Countryman, CM, 1972. The fire environment concept. U.S. Department of agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Range and Experiment Station, Berkeley, CA.
- De las Heras J, Guerra J, Herranz JM, 1995. Bryophyte succession after fire in Mediterranean Ecosystems. Differences between N and S exposures 3-5 years after fire. *Acta Oecologica*, 16: 159-169.
- De las Heras, J, Martinez, JJ y Herranz, JM, 1991. Impacto ecológico de los incendios forestales. *Revista de Estudios Albacetenses*, 29: 105-117.
- De las Heras J, Martínez-Sánchez JJ, Herranz JM, Del Pozo E, 1993. Erosión tras incendio en el SE de España: Protección de los suelos por la cubierta vegetal colonizadora durante las primeras etapas de la sucesión. *Ecología*, 7: 3-10.
- DeBano, LF, 1981. Water repellent soils: A state of the art. USDA Forest Service General Technical Report PS W-46. Berkeley, California.
- DeBano, LF, Ffolliott, PF, and Baker, MB Jr, 1996. Fire severity effects on water resources. In: Effects of Fire on Madiran Province Ecosystems. A Symposium Proceedings (Ffolliott, PF, DeBano, LF, Baker, MB Jr., Gottfried, GJ, Solis-Garza, G, Edminster, CB, Neary, DG, Allen, LS and Hamre, RH, tech. coordinators). Gen. Tech. Rep. RM-GTR-289. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. Fort Collins, Co. 77- 84
- DeBano, LF, Neary, DG and Ffolliott, PF, 1998. *Fire's effects on ecosystems*. John Wiley and Sons, New York.
- DeMers, MN, 2000. *Fundamentals of Geographic Information Systems*. John Wiley and Sons, Inc. USA.

- Despain, DG, 1990. *Yellowstone Vegetation: Consequences of Environment and History in a Natural Setting*. Roberts Rinehart Publishing Co., Boulder, Colorado.
- DGCN, 1996. Los incendios forestales en España durante el decenio 1986-95. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- DGCN, 2003. Los incendios forestales en España durante el año 2002. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- DGCN, 2004. Los incendios forestales en España durante el año 2003. Avance informativo. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- Diaz-Delgado, R, Salvador, R, and Pons, X, 1998. Monitoring of Plant community regeneration after FIRE by remote sensing. In: *Fire Management and Landscape Ecology*, (Trabaud, L Ed.) International Association of Wildland Fire. Fairfield, Washington. 315-324.
- Dikinson, MB and Johnson, EA, 2001. *Fire Effects on trees*. In: *Forest Fires. Behavior and Ecological Effects*. Johnson and Miyanishi Edit. Academic Press, USA.
- Dikshit, O and Roy, DP, 1996. An Empirical Investigation of Image Resampling Effects Upon the Spectral and Textural Supervised Classification of a High Spatial Resolution Multispectral Image. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 62: 1085-1092.
- Dozier, J, 1989. Spectral signature of Alpine snow cover from the Landsat Thematic Mapper. *Remote Sensing of Environment*, 28: 9-22.
- Du, Y, Teillet, PM and Cihlar, J, 2002. Radiometric normalization of multitemporal high-resolution satellite images with quality control for land cover change detection. *Remote Sensing of Environment*, 82: 123-134.
- Dueker, KJ and Vrana, R, 1992. Dynamic segmentation revisited: A milepoint linear data model. *Urban and Regional Information Systems Association Journal*, 4: 94-105.
- Dunne T, Zhang W and Aubry BF, 1991. Effects of rainfall, vegetation and microtopography on infiltration and runoff. *Water Resources Research*, 27: 2271-2285.
- Dyrness, CT and Norum, RA, 1983. The effects of experimental fires on black spruce forest floors in interior Alaska. *Canadian journal of Forest Research*, 13: 879-893.
- Ekstrand, S, 1996. Landsat TM-base forest damage assessment: correction for topographic effects. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 62: 151-161.
- Eldvidge, CD, Yuan, D, Weerackoon, RD, Lunetta, RD, 1995. Relative Radiometric Normalization of Landsat Multispectral Scanner (MSS) Data Using an Automatic Scattergram-Controlled Regression. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 61: 1255-1260.
- Elwell, HA and Stocking, MA, 1976. Vegetal cover to estimate soil erosion hazard in Rhodesia. *Geoderma*, 15:61-70.
- ENVI versión 3.5, 2001. The Environment for Visualizing Images . Reserarch Systems, Inc. Pearl East Circle, Boulder, Co. USA.
- FAO, 1999. Forest Fire Statistics 1996-1998. Timber Bulletin EC/TIM/BULL/52/4. Forestry Department. Roma.
- FAO, 2002. Forest Fire Statistics 1999-2001. Timber Bulletin EC/TIM/BULL/2002/4. Forestry Department. Roma.
- Felícisimo, AM y García-Manteca, P, 1989. Corrección del efecto topográfico en las imágenes Landsat mediante el uso de un modelo digital de elevaciones. En: III

- Reunión científica de la Asociación Española de Teledetección. Madrid. España. 209-216
- Felícísimo, AM, García-Manteca, P y Marquinez, J, 1992. Efectos de la corrección del efecto topográfico en las imágenes Landsat sobre la clasificación de los usos del suelo. IV Reunión científica de la Asociación Española de Teledetección. 251-256 Sevilla. España.
- Ferrandis, P, 1996. Efecto del fuego sobre el banco de semillas del suelo en diferentes ecosistemas mediterráneos de Castilla-La Mancha. Universidad de Murcia. Tesis doctoral no publicada.
- Fiorella, M and Ripple, WJ, 1993. Analysis of conifer forest regeneration using Landsat Thematic Mapper data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 59: 1383-1388.
- Folly, A, Bronsveld, MC and Clavaux, M, 1996. A knowledge-based approach for C-factor mapping in Spain using Landsat TM and GIS. *International Journal of Remote Sensing*, 17: 2401-2415.
- Foster, GR, 1982. Modeling the erosion process. In: Haan, CT; Johnson, HP; Brakensiek, DL, eds. Hydrologic modelling of small watersheds. St Joseph, MI: American Society of Agricultural Engineers. Chapter 8
- Franklin, SE, 1992. Satellite remote sensing of forest type and landcover class in the subalpine forest region, Kananaskis Valley, Alberta. *GeoCarto International*, 7: 25-35.
- García-Fayos, P, Recatalá, TM, Cerdà, A and Calvo, A, 1995. Seed population dynamics on badland slopes in southeastern Spain. *Journal of Vegetation Science*, 6: 691-696.
- García-Fayos, P and Cerdà, A, 1997. Seed losses by surface wash in degraded Mediterranean environments. *Catena*, 29: 73-83.
- García-Fayos, P, García-Ventoso, B, and Cerdà, A, 2000. Limitations to plant establishment on eroded slopes in southeastern Spain. *Journal of Vegetation Science*, 11:77-86.
- Gilabert, MA, Segarra, D, Meliá, J, 1994. Simulation of citrus orchard reflectance by means of a geometrical model. *International Journal of Remote Sensing*, 15: 2559-2582.
- Giovannini, G, Luchesi, S and Giachetti, M, 1987. The natural evolution of a burned soil: a three year investigation. *Soil Science*, 143: 220-226.
- Granström, A, 1996. Fire ecology in Sweden and future use of fire for maintaining biodiversity. In: Fire in ecosystems of Boreal Eurasia, (Goldammer, JG and Fyryaev, VV eds.). Kluwer Academic Publishers, The Netherlands. 445-452.
- Gresswell, RE, 1999. Fire and aquatic ecosystems in forested biomes of Northern America. *Transactions of the American Fisheries Society*, 128: 193-221.
- Hall DK, Ormsby JP, Johnson L and Brown J, 1980. Landsat digital analysis of the initial recovery of burned tundra at Kokolik River, Alaska. *Remote Sensing of Environment*, 10: 263-272.
- Hall, FG, Strebel, DE, Nickeson, JE & Goetz, SJ, 1991. Radiometric rectification: toward a common radiometric response among multitemporal, multisensor images. *Remote Sensing of Environment*, 35: 11-27.
- Hanes, TL, and Jones, HW, 1967. Postfire Chaparral Succession in Southern California. *Ecology*, 48 :259-264.

- Harley, B, and Woodward, D, 1989 (Eds.). History of cartography. University of Chicago Press. Chicago. USA.
- Hay, AM, 1979. Sampling Designs to Test Land-Use Map Accuracy. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 45: 529-533.
- Helmer, EH, Brown, S. and Cohen, W.B., 2000. Mapping montane tropical forest successional stage and land use in multi-date Landsat imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 21: 2163-2183.
- Hernando C, 2000. Combustibles forestales: Inflamabilidad. In 'La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y Experiencias'. (R Vélez Coord). MacGraw-Hill: Madrid. España. 6.3-6.15.
- Herranz JM, De las Heras Ibañez J, Martínez Sánchez JJ, 1991a. Efecto de la orientación sobre la recuperación de la vegetación natural tras el fuego en el Valle del Río Tus (Yeste, Albacete). *Ecología*, 5: 111-124.
- Herranz JM, Martínez-Sánchez JJ, de las Heras Ibañez J, 1991b. Fragmenta chorologica occidentalia. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 49: 128-133.
- Herranz, JM, Martínez-Sánchez JJ, Marín, A., Ferrandis, P., 1997. Postfire regeneration of *Pinus halepensis* Miller in a semi-arid area in Albacete province (Southeastern Spain). *Ecoscience*, 4: 86-90.
- Heywood, I, Cornelius, S, and Carver, S, 1998. *An Introduction to Geographical Information Systems*. Addison Wesley Longman Ltd. Singapore.
- Hill, J and Sturm, B, 1991. Radiometric Correction of multitemporal Thematic Mapper data for use in agricultural land-cover classification and vegetation monitoring. *International Journal Remote Sensing*, 12: 1471-1491.
- Hill, J, Sommer, S, Mehl, W and Megier, J, 1995. Use of Earth observation satellite data for land degradation mapping and monitoring in Mediterranean ecosystems: Towards a satellite-observatory. *Environmental Monitoring and Assessment*, 37: 143-158.
- Hord, RM and Brooner, W, 1976. Land use map accuracy criteria. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 42: 671-677.
- Hudson WS and Ramn CW, 1987. Correct formulation of the kappa coefficient of agreement. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 53: 421-422.
- Illera, P, Fernández, A, Calle, A and Casanova, JL, 1996. Evaluation of forest FIRE danger in Spain by means of NOAA-AVHRR images. Remote Sensing and GIS Applications to Forest Fire management. EARSeL: Advances in Remote Sensing. 4:33-43.
- Iqbal, M, 1983. *An introduction to solar radiation*. Academic Press, New York. USA.
- Isaacson, DL, Smith, HG and Alexander, CJ, 1981. The application of Remotely Sensed Data in Support of Emergency Rehabilitation of Wildland fire-Damaged Areas. Environmental Remote Sensing Applications Laboratory Report 80,1. Corvallis, Oregon, 44 pp.
- Isaacson, DL, Smith, HG and Alexander, CJ, 1982. Erosion hazard reduction in a wildfire damaged area. In: Remote Sensing for Resource Management, (Johannsen and Sanders Eds.). Soil Conservation Society of America. Ankeny. 179-190.
- Jakubauskas ME, Lulla KP, Mausel PW, 1990. Assessment of vegetation change in a fire-altered forest landscape. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 56: 371-377.
- Jensen, JR, 1983. Urban/suburban land use analysis. Manual of Remote Sensing, 2nd ed. R.N. Colwell, ed., Falls Church, VA. *American Society of Photogrammetry*, 2: 1571-1666

- Jensen, JR, 1996. *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Approach*. New Jersey. Prentice Hall.
- Jensen, JR, 2000. *Remote Sensing of the Environment*. Prentice Hall, New Jersey. USA
- Jones, C, 1997. *Geographical Information Systems and Computer Cartography*. Pearson Education Ltd. Harlow. United Kingdom.
- Jordan, E, Selva, M, Artigao, A y García, J, 2001. Análisis de la composición y estructura de un sistema forestal del sureste ibérico (Sierra de Segura, Albacete). En: III Congreso Forestal Español. Granada 25-28 septiembre 2001. Publicación Digital.
- Kafka, V, Gauthier, S and Bergeron, Y, 2001. Fire impacts and crowning in the boreal forest: study of a large wildfire in western Quebec. *International Journal of Wildland Fire*, 10: 119-127.
- Karteris, M, 1997. Remote sensing and GIS for fire impact assessment. European Commission; Environment & Climate Programme; Advanced Study Courses Marathon; 06/14 October 1997. 337-351.
- Kaufman, YJ, 1989. The Atmospheric Effect on Remote Sensing and its Corrections. In Theory and applications of optical remote sensing. (Asrar, G. Ed.) John Wiley & Sons. 336-424.
- Kazanis, D and Arianoustsou, M, 1996. Vegetation composition in a post-fire successional gradient of Pinus halepensis forest in Attica, Greece. *International Journal of Wildland Fire*, 6: 83-91.
- Keeley and Zedler, 1978. Reproduction of chaparral shrubs after fire: a comparison of sprouting and seeding strategies. *American Midland Naturalist*, 99: 142-161.
- Key CH, Benson NC 2004a Landscape Assessment: Ground measure of severity, the Composite Burn Index. In: 'FIREMON: Fire Effects Monitoring and Inventory System'. (D.C. Lutes; R.E. Keane; J.F. Caratti; C.H. Key; N.C. Benson; L.J. Gangi) General Tech Report RMRS-GTR-XXX, Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, in press.
- Key CH, Benson NC 2004b Landscape Assessment: Remote sensing of Severity, the Normalized Burn Ratio. In: 'FIREMON: Fire Effects Monitoring and Inventory System'. (D.C. Lutes; R.E. Keane; J.F. Caratti; C.H. Key; N.C. Benson; L.J. Gangi) General Tech Report RMRS-GTR-XXX, Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, in press.
- King, MD, Kaufman, YJ, Tanré, D and Nakajima, T, 1999. Remote Sensing of Tropospheric Aerosols from Space: Past, Present and Future. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 80: 2229-2259.
- Kirk, GS and Raven, JE, 1970. *Los filósofos presocráticos*. Gredos. Madrid
- Kushla JD and Ripple WJ, 1998. Assessing wildfire effects with Landsat Thematic Mapper Data. *International Journal of Remote Sensing*, 19: 2493-2507.
- Lachowski, H, Hardwick, P, Gruffith, R, Parsons, A and Warbington, R, 1997. Faster, Better Data for Burned Watersheds Needing Emergency Rehab. *Journal of Forestry*. June: 4-9.
- Lamb, D, Howell, S, Read, T and Broekstra, L 1995. Rehabilitation of Degraded Tropical Forests: An Annotated Bibliography. UNESCO Office, Jakarta.
- Landis, J and Koch, G, 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33: 159-174.

- Lauer, DT, Morain, SA, Salomonson, V, 1997. The Landsat Program: Its Origin, Evolution, and Impacts. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 63: 831-838.
- Lee, CR and Skogerboe, JG, 1985. Quantification of erosion control by vegetation on problem soils. In: Soil erosion and conservation (El Swaify, WC, Moldenhauer, WC and Lo, A, Eds.). Soil and Water Conservation Society (Ankeny). 437-444.
- Leprieur, CE, Durand, JM and Peyron, JL, 1988. Influence of topography on forest reflectance using Landsat Thematic Mapper and digital terrain data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 54: 491-496.
- Lillesand TM and Kiefer, RW, 1994. *Remote Sensing and Image Interpretation*. John Wiley and Sons, New York.
- Longley, PA, Goodchild, MF, Maguire, DJ and Rhind, DW, 1999 (Ed.). *Geographical Information Systems. Principles and Technical Issues*. John Wiley & Sons. USA
- López, MJ y Caselles, V, 1991. Introducción a la Teledetección. En: la Teledetección en el seguimiento de los fenómenos naturales. Recursos renovables. Agricultura. Universitat de València. Valencia. España.
- López, S, González, F, Llop, R & Cuevas, JM, 1991. An evaluation of the utility of NOAA AVHRR images for monitoring forest FIRE risk in Spain. *International Journal of Remote Sensing*, 12: 1841-1851.
- Luke, RH and McArthur, AG, 1978. *Bushfires in Australia*. Australian Government Publishing Service, Canberra.
- Lyon JG, Yuan D, Lunetta RS, Eldvidge CD, 1998. A Change Detection Experiment Using Vegetation Index. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 64: 143-150.
- Malanson, GP and Trabaud, L, 1988. Vigour of post-fire resprouting by *Quercus coccifera* L. *Journal of Ecology*, 76: 351-365.
- Malingreau JP, Stephens G, Fellows L, 1985. Remote sensing of forest fires: Kalimantan and North Borneo in 1982-1983. *Ambio*, 14: 314-321.
- MAPA (Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación), 1988. *Caracterización agroclimática de la provincia de Albacete*. Servicio de publicaciones del MAPA, Madrid. Spain.
- Margalef, R, 1974. *Ecología*. Omega. Barcelona.
- Markham, BL and Barker, JL, 1987. Thematic Mapper bandpass solar exoatmospheric irradiances. *International Journal of Remote Sensing*, 8: 517-523.
- Martin DA and Moody JA, 2001. Comparison of soil infiltration rates in burned and unburned mountainous watersheds. *Hydrological Processes*, 15: 2893-2903.
- Martínez Beltrán, C, Calera Belmonte, A and Jochum, A, 2004. Inter-satellite cross-calibration: integration of reflectance and NDVI from different satellites by means of linear model. In: Remote Sensing for Agriculture Ecosystems, and Hydrology V, (M Owe; G D'Urso; JF Moreno and A Calera Eds.). Proceedings of the SPIE, V5232: 128-139. Bellingham, Washington.
- Martínez-Sánchez JJ, Ferrándiz P, De las Heras J, Herranz JM, 1999. Effect of burnt wood removal on the natural regeneration of *Pinus halepensis* after fire in a pine forest in Tus valley (SE Spain). *Forest Ecology and Management*, 123: 1-10.
- Martínez-Sánchez JJ, Herranz JM, Guerra, J and Trabaud, L, 1997. Influence of Fire on plant regeneration in a *Stipa tenacissima* L. community in the Sierra Larga Mountain Range (SE Spain). *Israel Journal of Plant Sciences*, 45: 309-316.

- Mather, PM, 1987. *Computer processing of Remotely-Sensed Images*, 2nd edition. John Wiley & Sons. Chichester. Reino Unido.
- McArthur and Cheney, 1972. Source notes on forest fire control. Unpublished Report. Canberra: Forest Research Institute. Australian Forest and Timber Bureau. Australia.
- McNabb, DH and Swanson, FJ, 1990. Effects on fire on soil erosion. In : Natural and prescribed fire in Pacific Northwest forests. Walstad, JD ed. Corvallis, OR: Oregon State University Press. 159-176.
- Meyer, P, Itten, DI, Kellenberger, T and Sandmeier, R, 1993. Radiometric corrections of topographically induced effects on Landsat Tm data in an alpine environment. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 48: 17-28.
- Michalek, JL, French, NHF, Kasischke ES, Johnson RD and Colwell, JE, 2000. Using Landsat TM data to estimate carbon release from burned biomass in an Alaskan spruce forest complex. *International Journal of Remote Sensing*, 21: 323-338.
- Mika, AM, 1997. Three Decades of Landsat Instruments. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 63: 839-852.
- Miller, JD, Nyhan, JW and Yool, SR, 2003. Modelling potential erosion due to the Cerro Grande Fire with a GIS-base implementation of the Revised Universal Soil Loss Equation. *International Journal of Wildland Fire*, 12: 85-100.
- Milne, AK, 1986. The use of Remote Sensing in mapping and monitoring vegetational change associated with bushfire events in Eastern Australia. *Geocarto International*, 1: 25-32.
- Minnaert, M, 1941. The reciprocity principle in lunar photometry. *The astrophysical journal*, 93: 403-410.
- MIRAMON v4.2, 1994-2003. Programa de visualización, consulta, edición y análisis de mapas ráster y vectoriales. Ayuda on-line. © Xavier Pons. CREAf. Barcelona.
- Montero de Burgos, JL, 1987. La regresión vegetal y la restauración forestal. *Boletín de Estudios Centro de Ecología*, 30: 19-24.
- Montesinos, S, 1995. Desarrollo metodológico para la evaluación del riesgo de erosión hídrica en el área Mediterránea utilizando técnicas de Teledetección y GIS. Universidad Complutense de Madrid. Departamento de Geodinámica Facultad de Ciencias Geológicas. Madrid. Tesis doctoral no publicada.
- Moody, JA, 2001. Sediment transport regimes after a wildfire in steep mountainous terrain. In: 'Proceedings of the seventh Federal Interagency Sedimentation Conference'. Reno, Nevada. 41-48.
- Moody, JA and Martin, DA, 2001. Hydrologic and sedimentologic response of two burned watersheds in Colorado. USGS. Water Resources Investigative Report 01-4122. Denver, Colorado.
- Moore, P and Sumardja, E, 2004. Forest Fires. Indonesia - an indepth look at the 1997-98 fires. UICN electronic journal. http://www.iucn.org/themes/fcp/experience_lessons/fires_indonesia.htm
- MOPT (Ministerio de Obras Públicas y Transporte), 1992. *Guía para la Elaboración de Estudios del Medio Físico. Contenido y Metodología*. Monografías de la Secretaría de Estado para las Políticas del Agua y del Medio Ambiente. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Madrid.
- Morla, V, 1988. *El fuego en el Antiguo Testamento*. Estudio de Semántica lingüística. Verbo Divino. Estella.

- Moravec, J, 1990. Regeneration of N.W. African *Pinus halepensis* forest following FIRE. *Vegetatio*, 87: 29-36.
- Moreno, JM y Cruz, A, 2000. La respuesta de las plantas al fuego. En: La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y experiencias (R Vélez, coord.). McGraw Hill. España. 4.13-4.36
- Morris, SE and Moses, TA, 1987. Forest fire and the natural soil erosion regime in the Colorado Front Range. *Annals of the Association of American Geographers*, 77: 245-254.
- Munn, DA, McLean, EO, Ramírez, A and Logan TJ, 1973. Effect of soil, cover, slope, an rainfall factors on soil and phosphorus movement under simulated rainfall conditions. *Soil Science Society American Proceedings*, 37: 428-43.
- Myneni, RB and Arar, G, 1994. Atmospheric Effects and Spectral Indices. *Remote Sensing of Environment*, 47: 390-402.
- Navarro, R, Navarro, C, Salas, FJ, Gonzales, MP y Fernández, P, 1997. Estudio de la regeneración postincendio: aplicación de imágenes Landsat-TM a su caracterización y seguimiento. II Congreso forestal Nacional. 5: 319-324.
- Navarro Cerrillo, RM, Navarro Mezquita, C, Salas Cabrera, FJ, González-Dugo, MP, Fernández Rebollo, P y Rodríguez-Silva, F, 1998. Evaluación de grados de afectación producidos por un incendio. Aplicación de imágenes Landsat-TM a su caracterización y seguimiento. *Mapping*, 44: 37-47.
- Navarro, RM, Fernández, P y Escuin, S, 2001. Evaluación de daños producidos por incendios forestales mediante imágenes de satélite. Propuesta de restauración. En: Actas del III Congreso Forestal Español. Granada, 25-28 septiembre 2001. Junta de Andalucía. 6: 438-487.
- Naveh, Z, 1974. Effects of fire in the Mediterranean region. In: Fire and Ecosystems. (Kozlowsky and Algren Ed.). Academic Press. New York. 401-434
- Naveh, Z, 1991. The role of fire in Mediterranean vegetation. *Botanika Chronika*, 10: 385-405.
- Nelson, RF, 1982. Detecting forest canopy change using Landsat, AgRISTARS Report TM 83918, NASA, Goddard Space Flight Center. Greenbelt, Maryland, USA.
- Novak, K, 1992. Rectification of Digital Imagery. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 58: 339-344.
- Nuzzo, VA, McClain, W and Strole, T, 1996. Fire impact on Groundlayer flora in a sand forest 1990-1994. *American Midland Naturalist*, 136.
- Obón, C, 1985. Estudio florístico, corológico y ecológico de los límites biogeográficos en las Sierras de la comarca de Almansa (Albacete). Universidad de Murcia. Tesis de Licenciatura no publicada.
- Odum EP, 1973. *Ecología*. CECSA. México
- Palà, V and Pons, X, 1995. Incorporation of relief into geometric corrections based on polynomials. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 61: 935-944.
- Papió, 1988. Regeneració del pí blanc despres d'un incendi. *Quaderns d'Ecologia Aplicada*, 10: 83-91.
- Parsons, A and Olerman, A, 2002. Mapping Post-Wildfire Burn Severity Using Remote Sensing and GIS. Proceedings of the ESRI Users Conference. Digital document.
- Parsons, A., and Olermann, A., 2002. Mapping Post-Wildfire Burn Severity Using Remote Sensing and GIS. ESRI User Conference, July 2002. San Diego, California.

- Parviainen, J, 1996. The impact of fire on Finnish forests in the past and today. *Silva Fennica*, 30: 353-359.
- Pereira JMC, Setzer AW, 1993. Spectral characteristic of fire scars in Landsat 5 TM images of Amazonia. *International Journal of Remote Sensing*, 14: 2061-2078.
- Pérez, B and Moreno, JM, 1998. Fire-type and forestry management effects on the early postfire vegetation dynamics of a *Pinus pinaster* Woodland. *Plant Ecology*, 134: 27-41.
- Perles, 1977. *Préhistoire du feu*. Masson. Paris.
- Pickles, J, 1995 (Ed.). *Ground Truth: The Social Implications of Geographic Information Systems*. Guilford Press, New York. USA.
- Pierson, FB and Carlson, DH, 2001. Fire effects on sediment and runoff in steep rangeland watersheds. In: Proceedings of the seventh Federal Interagency Sedimentation Conference. Reno Nevada. X-33-X-40.
- Pierson, FB, Robichaud, PR and Spaeth, KE, 2001a. Spatial and temporal effects of wildfire on the hydrology of a steep rangeland watershed. *Hydrological Processes*, 15: 2905-2916.
- Pierson, FB, Spaeth, KE and Carlson, DH, 2001b. Fire effects on sediment and runoff in steep rangeland watersheds. In: Proceedings of the Seventh Federal Interagency Sedimentation Conferences, 1947-2001. U.S. Subcommittee on Sedimentation. Reno, Nevada.
- Pierson, FB, Carlson, DH and Spaeth, KE, 2002. Impacts of wildfire on soil hydrological properties of steep sagebrush-steppe rangeland. *International Journal of Wildland Fire*, 11: 145-151.
- Pierson, FB, Robichaud, PR, Spaeth, KE and Moffet, CA, 2003. Impacts of Fire on Hydrology and Erosion in Steep Mountain Big Sagebrush communities. In: First Interagency Conference on Research in the Watersheds. 625-630. USDA. Benson, Arizona.
- Pinilla, C, 1995. *Elementos de Teledetección*. RA-MA. Madrid. España.
- Ponce, G, 1989. *El Corredor de Almansa. Estudio Geográfico*. Instituto de estudios Albacetenses. Albacete.
- Pons, X and Solé-Sugrañes, L, 1994. A Simple Radiometric Correction Model to Improve Automatic Mapping of Vegetation from Multispectral Satellite Data. *Remote Sensing of Environment*, 48: 191-204.
- Price, M, 1986. The analysis of vegetation change by remote sensing. *Progress in Physical Geography*, 10: 473-491
- Proy, C and Leprieux, C, 1985. Influence de la topographie et de l'atmosphère sur les mesures radiométriques en région montagneuse-test d'un modèle d'inversion du signal sur des TM. In: Proceeding of the 3rd International Colloquium on Spectral Signatures of Objects in Remote Sensing, Les Arcs, France, 16-20 Dec., ESA SP-247, Noordwijk. 191-197.
- Pyne SJ, Andrews, PL, Laven, RD, 1996. *Introduction to Wildland Fire*. John Wiley & Sons, Inc: USA.
- RAE, 2001. *Diccionario de la lengua española*. Espasa Calpe. Madrid
- Reeder, D, 2000. Topographic correction of satellite images. Unpublished document.
- Renard, KG, Foster, GR, Weesies, GA, McCool, DK and Yoder, DC, 1997. Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook No. 703.

- Riaño, D, 2000. Cartografía de modelos de combustible con teledetección. Departamento de Ecología, Universidad de Alcalá de Henares. Madrid. España. Trabajo de investigación no publicado.
- Riaño, D, Chuvieco, E, Ustin, S., Zomer, R., Dennison, P., Roberts, D and Salas, J., 2002. Assessment of vegetation regeneration after FIRE through multitemporal analysis of AVIRIS images in the Santa Monica Mountains. *Remote Sensing of Environment*, 79: 60-71.
- Richards, JA, 1995. *Remote Sensing Digital Image Analysis*. 2nd edition, 3rd printing Springer-Verlag. Berlin. Alemania
- Rivas-Martínez, S, 1987. *Memoria del mapa de series de vegetación de España*. ICONA, Madrid.
- Rivas-Martínez, S, Diaz, TE, Fernández-Prieto, JA, Loidi, J y Penas, A, 1984. *La vegetación de alta montaña cantábrica. Los picos de Europa*. Ed. Leonesas. León.
- Robin, M, 1998. *La Télédétection*. Nathan. Paris. Francia.
- Robinove, CJ, 1982. Computation with physical values from Landsat digital data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 45: 623-633.
- Robichaud, PR, 1996. Spatially-varied erosion potential from harvested hillslopes after prescribed fire in the interior Northwest. PhD dissertation Moscow, ID: University of Idaho.
- Robichaud, PR, 2000. Forest Fire Effects on Hillslope Erosion: What We Know. USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Moscow, Idaho. Internal Report.
- Robichaud, PR and Waldrop, TA, 1994. A comparison of surface runoff and sediment yields from a low and high severity site preparation burns. *Water Resources Bulletin*, 30: 27-34.
- Robichaud, PR and Brown, RE, 1999. What happened after the smoke cleared: site erosion rates after a wildfire in Eastern Oregon. In: Wildland Hydrology Conference, Bozeman, MT. American Water Resources Assoc. 419-426.
- Rodríguez, DA, 1996. *Incendios Forestales*. Mundi-Prensa. México.
- Rodríguez-Estrella T, 1979. Geología e Hidrología del Sector de Alcaraz-Liétor-Yeste (Provincia de Albacete). Síntesis Geológica de la zona Prebética. Universidad de Madrid. Tesis doctoral no publicada.
- Rouse, JW, Haas, RH, Schell, JA and Deering, DW, 1973. Monitoring vegetation systems in the Great plains with Third ERTS. ERTS Symposium, NASA No. SP-351, pp. 309-317.
- Roy, DP and Dikshit, O, 1994. Investigation of Image Resampling Effects upon The Textural Information Content of a High Spatial Resolution Remotely Sensed Image. *International Journal of Remote Sensing*, 15: 1123-1130.
- Ruiz de la Torre, J, 1993. Mapa Forestal de España 1:20000: Onteniente (7-8). Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Madrid.
- Ruiz de la Torre, J, 1996. Mapa Forestal de España 1:20000: Elche (7-9). Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Madrid.
- Ruiz del Castillo, J, 2000. Efectos del fuego en los Ecosistemas Forestales. En: La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y experiencias (Ricardo Vélez, coord.). McGraw Hill. España. Pp: 4.1-4.13.
- Ruiz-Gallardo, JR, Castaño, S y Calera A, 1997. Aplicaciones de la Teledetección y S.I.G. a la determinación del riesgo de erosión en zonas incendiadas. En: Actas del I Congreso Forestal Hispano-Luso. II Congreso Forestal Español. (Puertas F y Rivas, M Eds.). IRATI, Pamplona (España). 5: 425-430.

- Ruiz-Gallardo JR, Castaño S And Calera A 2004a-in press. Application of Remote Sensing and GIS to locate priority intervention areas after wildland fires in Mediterranean systems: a case study from SE Spain. *International Journal of Wildland Fire*, 13: 000-000.
- Ruiz-Gallardo, JR, Castaño, S and Valdés, A, 2004b-in press. Use of remote sensing and GIS to classify post-fire risk to runoff erosion. In: Proceedings of the NATO Workshop on desertification. A security issue. 000-000. Valencia.
- Ryan KC, Noste NV, 1983. Evaluating prescribed fires. In: Wilderness Fire Symposium, Missoula, Mont., November 15-18. pp: 230-238.
- Ryan KC, 2002. Dynamic Interactions between Forest Structure and Fire Behavior in Boreal Ecosystems. *Silva Fennica*, 36: 13-39.
- Sader, SA and Winne, JC, 1992. RGB-NDVI colour composites for visualizing forest change dynamics. *International Journal of Remote Sensing*, 13: 3055-3067.
- Sabins, FF, 1996. *Remote Sensing. Principles and Interpretation*. W.H. Freeman and Company. New York. USA.
- Saito, K, 2001. Flames. In: Forest Fires. Behavior and Ecological Effects. (Johnson and Miyanishi Edit.). Academic Press, USA. 12-54.
- Sanchez, P y Alcaraz, F, 1993. *Flora, vegetación y paisaje vegetal de las Sierras de Segura Orientales*. Instituto de Estudios Albacetenses. Albacete.
- Segarra, D, 1991. La corrección geométrica. En La Teledetección en el seguimiento de los fenómenos naturales. Recursos renovables: Agricultura. (Gandía, S y Meliá, J Eds.). Universidad de Valencia.
- Schimel J and Granström A, 1996. Fire severity and vegetation response in the boreal Swedish forest. *Ecology*, 77: 1436-1450.
- Scholten, HJ, and Stilwell, JCH, 1990. *Geographical Information Systems for Urban and Regional Planning*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht.
- Schott, JR, 1989. Remote sensing of the Earth: a synoptic view. *Physics Today*, 89: 72-79.
- Schott, JR, 1997. *Remote sensing: the image chain approach*. Oxford University Press. New York. USA.
- Shakesby, RA, Chafer, CJ, Doerr, SH, Blake, WH, Wallbrink, P, Humphreys, GS and Harrington, BA, 2003. Fire severity, water repellency characteristics and hydrogeomorphological changes following the Christmas 2001 Sydney forest fires. *Australian Geographer*, 34: 147-175.
- Shakesby, R.A., Coelho, C. de OA, Ferreira, AD, Terry, JP and Walsh, RPD, 1993. Wildfire impacts on soil erosion and hydrology in wet Mediterranean forest, Portugal. *International Journal of Wildland Fire*. 3: 95-110.
- Siegel, S, 1956. *Non parametric statistics for the behavioural sciences*. McGraw-Hill. New York.
- Singh, A, 1989. Digital change detection techniques using remotely-sensed data. *International Journal of Remote Sensing*, 10: 989-1003.
- Slater, P, 1980. *Remote Sensing. Optics and Optical Systems*. Addison Wesley. Reading, MA. USA.
- Smith, LA, Lin, TL & Ranson, 1980. The Lambertian Assumption and Landsat data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 46: 1183-1189.
- Snedecor, GW & Cochran, WG, 1980. *Statistical Methods*. The Iowa University Press. USA.

- Siegert F, Hoffmann AA, 2000. The 1998 Forest Fires in East Kalimantan (Indonesia): A Quantitative Evaluation Using High Resolution, Multitemporal ERS-2 SAR Images and NOAA-AVHRR Hotspot Data. *Remote Sensing of Environment*, 72: 64-77.
- Sobrinho, JA, Raissouni, N, Kerr, Y, Olioso, A, Lopez-García, MJ, Bellaid, A, El Kharraz, MH, Cuenca, J, Dempere, L, 2000. *Teledetección*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Valencia, Valencia. España.
- Soil Survey Staff, 1951. *Soil survey manual*. U. S. Department of Agriculture. Handbook, 18. U. S. Government Printing Office, Washington, D.C.
- Tanaka S, Kimura Hand Suga, Y, 1983. Preparation of a 1:25.000 Landsat map for assessment of burnt area on Etajima Island. *International Journal of Remote Sensing*, 4: 17-31.
- Tapias, R y Gil, L, 2000. Adaptación reproductiva de las especies forestales ante el fuego. En: La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y experiencias (Ricardo Vélez, coord.). McGraw Hill. España. Pp: 4.36-4.66
- Teillet, PM, Guindon, B & Goodenough, DG, 1982. On the slope-aspect correction of Multispectral Scanner Data. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 8: 84-106.
- Thanos, CA, Daskalakou, EN and Nikolaidou, S, 1996. Early postfire regeneration of a *Pinus halepensis* forest in Mount Párnis, Greece. *Journal of Vegetation Science*, 7: 273-280.
- Torres-Quevedo, M, Jarabo, F, del Palacio, E y García, JA, 2004. El Inventario nacional de erosión de suelos 2002-2012. *Montes*, 75: 34-41.
- Trabaud L, 1992. *Les Feux de Forêt. Mécanismes, comportement et environnement*. France Sélection : Aubervilliers. France.
- Trabaud, L, Grosman, J and Walter, T, 1985. Recovery of burnt *Pinus halepensis* Mill. Forest. I. Understory and litter phytomass development after wildfire. *Forest Ecology and Management*, 12: 269-277.
- Trabaud L, Martinez-Sanchez JJ, Ferrandis P, Gonzalez-Ochoa AI, Herranz JM, 1997. Végétation épigée et banque de semences du sol: leur contribution a la stabilité cyclique des pinédes mixtes de *Pinus halepensis* et *P. pinaster*. *Canadian Journal of Botany*, 75: 1012-1021.
- Turner, MG, Hargrove, WW, Gardner, RH, Romme, WH, 1994. Effects of fire on landscape heterogeneity in Yellowstone National Park, Wyoming. *Journal of Vegetation Science*, 5: 731-742.
- Turner MG, Romme WH, Gardner RH, 1999. Prefire heterogeneity, Fire Severity and Early Postfire Plant Reestablishment in Subalpine Forest of Yellowstone National Park, Wyoming. *International Journal of Wildland Fire*, 9, 21-36.
- Tyler, CM, 1995. Factors contributing to postfire seedling establishment in chaparral: direct and indirect effects of fire. *Journal of Ecology*, 83: 1009-1020.
- UNESCO, 1998. Forest Fires: Causes and Impacts, Prevention and Rehabilitation. Information Note on Recent, Current and Future Activities within UNESCO's Programmes. FAO Meeting on Public Policies Affecting Forest Fires Rome. 28-30 October 1998.
- USDA, 1976. Crum Canyon Fire Emergency Rehabilitation Report. Entiat Ranger District, Wenatchee National Forest, Wenatchee, Washington.
- USDA, 1979. Bridge Creek Fire Rehabilitation Report. Region Six Headquarters, U.S. Forest Service, Portland, Oregon.

- USDA, 2003. Fires of 2003 Burned Area Emergency Rehabilitation - Regional Summary Table. US Forest Service. 2500-8 reports for 2003.
- Ustin SL, Smith MO, Jacquemoud S, Verstraete M, Govaerts Y, 1998. Geobotany: Vegetation Mapping for Earth Sciences. In: Remote Sensing for the Earth Sciences. Rencz. John Wiley and Sons Inc: USA. 189-248
- Valdés, A y Herranz, JM, 1989. *Matorrales de la provincia de Albacete: espartales, romerales y tomillares*. Instituto de Estudios Albacetenses-CSIC. Albacete.
- Vela, A, 1999. Desarrollo de un Modelo de Balance de Agua en los Suelos de Castilla-La Mancha sobre un Sistema de Información Geográfica. Condiciones de Aplicación y Limitaciones. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid. Departamento de Geodinámica Facultad de Ciencias Geológicas. Madrid.
- Vélez, R, 1982. *Manual de predicción del peligro de incendios forestales*. ICONA. Madrid.
- Vélez, R, 2000a. Perspectiva global: El fuego en los ecosistemas forestales del mundo. En: La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y experiencias (Ricardo Vélez, coord.). McGraw Hill. Madrid. Pp: 2.1-2.11.
- Velez, R, 2000b. (Coord). *La Defensa contra Incendios Forestales*. Fundamentos y experiencias. McGraw Hill. Madrid.
- Vélez, R, 2000c. La definición de incendio forestal. En: La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y experiencias (Ricardo Vélez, coord.). McGraw Hill. Madrid. 1.3-1.22.
- Vélez, R, 2000d. Los incendios forestales en la Cuenca Mediterránea. En: La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y experiencias (Ricardo Vélez, coord.). McGraw Hill. Madrid. 3.1-3.52.
- Vélez, R, 2000e. El riesgo de erosión provocado por los incendios forestales. En: La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y experiencias (Ricardo Vélez, coord.). McGraw Hill. Madrid. 4.93-4.100.
- Viedma, O, Meliá, J, Segarra, D and García-Haro, J, 1997. Modelling rates of ecosystem recovery after fires by using Landsat TM data. *Remote Sensing of Environment*, 61: 383-398
- Viereck, LA, Foote, J, Dyrness, CT, Van Cleve, K and Kane, D, 1979. Preliminary results of experimental fires in the black spruce type of interior Alaska. PNW Research note-332, US Department of Agriculture Forest Service, Portland, Oregon.
- Vierick, LA and Schandelmeier, LA, 1980. Effects of fire in Alaska and adjacent Canada. A literature review. BLM-Alaska Technical Report, 6. U.S. Department of the Interior, Bureau of Land Management. Anchorage, AK
- Vincini, M, Reeder, D & Frazzi, E, 2002. The b correction: an empirical topographic normalization method for forest observed radiance. ForestSAT Symposium, Heriot Watt University, Edinburgh.
- Waldrop, TA and Van Lear, DH, 1984. Effect of crown scorch on survival and growth of young loblolly pine. *S.J. Appl. For.* 8: 35-40.
- Waring, RH, 1987. Characteristics of trees predisposed to die. *BioScience*, 37: 569-574
- Whelan, RJ, 2001. *The ecology of Fire*. Cambridge University Press. United Kingdom.
- White JD, Ryan KC, Key CC, Running SW, 1996. Remote Sensing of Forest Fire Severity and Vegetation Recovery. *International Journal of Wildland Fire*, 6: 125-136.
- Williams, T, 1995. Only you can postpone forest fires. *Sierra*, 80:36-43.

- Wischmeier WH, Smith DD, 1958. Rainfall energy and its relation to soil loss. *Transactions of the American Geophysical Union*, 39, 285-291.
- Woo, MK and Luk, S.H, 1990. Vegetation effects on soil and water losses on weathered granitic hillslopes, south China. *Physical Geography*. 11: 1-16.
- Wright, HE Jr and Heinselman, ML, 1973. The ecological role of fire in natural conifer forests of western and northern America. *Quat. Res.*, 3: 317-513.
- Yang, C and Vidal, A, 1990. Combination of digital elevation models with SPOT-1 HRV multispectral imagery for reflectance factor mapping. *Remote Sensing of Environment*, 32: 35-45.
- Yool, S, Eckhardt, D, Estes, J, Cosentino, M, 1985. Describing the brushfire hazard in Southern California. *Annals of the Association of American Geographers*, 75: 417-430.
- Zedler, PH, Gautier, CR and McMaster, GS, 1983. Vegetation change in response to extreme events: the effect of a short interval between fires in California chaparral and coastal scrub. *Ecology*, 64: 809-818.

Anexos

Anexo I:

Interpolación de Isolíneas

La interpolación de las isolíneas se ha efectuado aplicando el programa MIRAMON v4.2 (© Xavier Pons, 1994-2003). La información que a continuación se recoge, procede de la ayuda *on-line* del programa.

El método que se utiliza para obtener el ráster a partir de las isolíneas no consta de un único algoritmo, sino que consiste en un conjunto de procedimientos y reglas seleccionados heurísticamente de entre varios de los planteados en la bibliografía especializada. El procedimiento madre es el trazado de perfiles entre las curvas de nivel. Considerando la especial disposición de los datos en las curvas de nivel, con muchos datos de igual valor muy cercanos pero alineados y grandes zonas sin ningún dato entre ellas, este método suele ser mejor que la aplicación de interpoladores entre puntos cuando los datos de que disponemos son curvas de nivel.

El trazado de estos perfiles se efectúa utilizando diferentes tipos de funciones (valores constantes, funciones lineales, funciones cúbicas, etc) según el entorno de cada punto del territorio; de esta manera se evitan los problemas de excesiva simplicidad derivados de la aplicación de solamente funciones lineales (las cumbres y valles quedan siempre como planos horizontales), pero también se evitan los artefactos y la lentitud de cálculo que pueden aparecer si se aplican funciones cúbicas o splines en todo momento. En cualquier caso, el programa permite indicar cuál es la equidistancia entre las curvas de nivel para evitar que una función no lineal llegue a dar valores exageradamente altos o bajos en zonas de cumbre o de valle.

Otra característica de este programa es que calcula los trazados sobre las curvas originales en formato vectorial, sin pasar por una rasterización previa. Esto comporta una determinación mucho más precisa de los valores interpolados a lo largo de los trazados (los métodos que previamente rasterizan acaban realizando los cálculos a partir de posiciones originales desplazadas hacia los centros de celda del ráster que se pretende obtener). Una ventaja adicional del cálculo vectorial del trazado es que no es necesario preocuparse por la escala original de los datos y el lado de celda del ráster resultante. En efecto, si se opta por una rasterización previa, cuando dos o más curvas de nivel pasan por la misma celda de un ráster solamente una de ellas acaba teniéndose en cuenta en el cálculo final, y resulta determinante en el resultado cuál será la escogida, hecho sobre el que no suele tenerse un control adecuado (la mayoría de programas de rasterización de líneas simplemente asignan a la celda el valor de la última o de la primera línea que afecta a la celda).

Una segunda ventaja de la realización de cálculo vectorial es que permite fácilmente incorporar en la interpolación curvas situadas fuera del ráster a obtener y tenerlas en

cuenta sin necesidad de realizar el proceso sobre un ráster de más extensión territorial, el cual debería recortarse posteriormente.

Una tercera ventaja de la realización de cálculo vectorial es que evita que cuando una curva pasa inclinada 45 grados se rasterice en píxels en diagonal, ya que en este caso los perfiles trazados en la diagonal contraria no ven la curva y la ignoran.

El cálculo vectorial puede ser tachado de lento, pero hay que tener en cuenta que durante el proceso de rasterización de las isolíneas también se efectúa el análisis de las intersecciones una vez, y que lo que aquí se propone simplemente multiplica aproximadamente por 4 el tiempo de este proceso. A cambio, sin embargo, nos evitamos escribir un ráster en disco y proporcionamos una base de cálculo mucho más precisa para la determinación de los valores interpolados. En cualquier caso, este incremento de tiempo no es nunca crítico para el proceso conjunto que pasa las curvas de nivel al MDE final.

El programa permite tener en cuenta la existencia de líneas de cresta y vaguadas simplemente indicando cuáles son sus códigos identificadores. Cuando el análisis de los perfiles halla una línea con uno de estos códigos, se determina que en aquél punto hay que ubicar un máximo o un mínimo, respectivamente. En la versión 4 de MiraMon, con la posibilidad de disponer de información altimétrica para cada vértice, si la línea de cresta o vaguada contiene valores Z, éstos son convenientemente interpolados cuando un perfil intersecta con una línea de cresta o de vaguada. Si la línea no dispone de valores Z en cada vértice, será igualmente útil para el programa ya que podrá determinar mucho mejor la morfología del relieve. Las mejoras en el resultado son especialmente espectaculares en las zonas planas, con pocas curvas de nivel y donde el conocimiento de la línea de mínimo (río) ayuda de forma notable a evitar los artefactos producidos por la falta de información. Insistimos en la conveniencia de incorporar elementos de vaguada en el proceso, y recordemos que a pesar de que este tipo de información raramente está disponible en cartografía digital antigua o en la obtenida para digitalización de mapas topográficos en papel, actualmente la mayoría de procesos de restitución fotogramétrica ya proporcionan la cota de los vértices de los elementos restituidos, con lo cual las líneas de vaguada (y de cresta si las hay) son líneas 3D con información altimétrica que será usada.

El programa traza 4 perfiles desde cada celda (horizontal, vertical, y diagonales a 45° y 135°) para encontrar información de su alrededor (curvas de nivel, vaguadas, etc), de forma similar a como operan otros algoritmos previamente propuestos, esencialmente basados en el de Douglas. También puede pedirse que el programa haga perfiles adicionales a 22.5°, 67.5°, etc; recomendamos vivamente trazar también estos perfiles adicionales. Asimismo, el valor final de una celda del ráster no se determina a partir del valor obtenido con uno solo de los perfiles (típicamente el de más pendiente) sino que todos los perfiles se utilizan para determinar el valor final. Esto permite un resultado mucho menos facetado que el obtenido con los métodos de elección simple y nos evita tener que suavizar el MDE final mediante la aplicación de filtros de media. Hay que recordar que la aplicación de estos filtros hace que se desvirtúen incluso los valores de las celdas donde realmente se disponía de información original debido al hecho de que eran atravesadas por una curva de nivel, hecho que se agrava cuando la aplicación del

filtro de media se produce más de una vez para intentar limar los artefactos en estrella que se aprecian en el aspecto final cuando solamente se escoge un solo perfil para cada celda y se producen cambios súbitos en el relieve por el simple hecho de efectuar un cambio de criterio sobre cuál es la línea que suministra la información final.

La manera en que cada perfil interviene en el valor final de cada celda puede escogerse entre la simple media entre los valores o una ponderación que favorece las curvas más cercanas a cada punto (método por defecto y recomendado). Éste último proceso puede llevarse a cabo porque durante el trazado de los perfiles, el programa también obtiene información sobre su posición relativa en el espacio. Gracias a esto, IsoMDE resulta en un interpolador exacto, y obtenemos los valores originales en todos los centros de celda que se hallen situados en el mismo punto que un dato original.

Para obtener los mejores resultados, se recomienda el uso de un tamaño de píxel de entre 1 y 0.2 milímetros en escala del mapa original.

Anexo II:

Puntos de control. Ortorrectificación

A continuación se recogen los puntos de control y ecuaciones de corrección de todas las imágenes ortorectificadas. Los valores, ordenados por columnas indican:

- 1: fila
- 2: columna
- 3: coordenada X
- 4: coordenada Y
- 5: Altitud sobre el nivel del mar (Z)

Imagen TM 199-33Flotante 23071991

```

4617.166667 2993.566667 668426.000000 4217736.000000 100.000000
4816.033333 3443.233333 676547.000000 4230040.000000 180.100098
5336.233333 1407.100000 681840.000000 4167280.000000 92.299805
4466.950000 1069.950000 654420.000000 4161664.000000 93.479980
1057.566667 3666.366667 566378.000000 4255311.000000 831.911391
492.450000 2981.550000 546327.000000 4237943.000000 1102.890108
477.550000 2955.650000 545731.000000 4237225.000000 1122.840088
446.300000 2747.433333 543775.000000 4231227.000000 771.160156
1016.700000 3440.366667 564063.000000 4248854.000000 689.646701
1172.833333 3488.100000 568924.000000 4249512.000000 605.000000
1229.766667 3091.566667 568671.000000 4237500.000000 1085.019897
1256.433333 3390.566667 570924.000000 4246185.000000 699.029582
694.366667 3390.433333 554318.000000 4248963.000000 992.253201
1458.550000 2982.550000 574904.000000 4233147.000000 1196.250736
1741.500000 3103.500000 583892.000000 4235293.000000 1281.780029
977.500000 2925.500000 560395.000000 4233853.000000 1010.379883
784.500000 3936.566667 559674.000000 4264649.000000 1153.942659
554.566667 3740.033333 551902.000000 4260001.000000 935.459961
1110.566667 4075.566667 570009.000000 4267137.000000 864.831525
1375.500000 5092.566667 582853.000000 4295851.000000 863.634776
763.450000 4602.350000 562338.000000 4284403.000000 1200.000000
4021.033333 2021.633333 645951.000000 4191991.000000 197.000000
3784.566667 1430.966667 636015.000000 4175720.000000 236.070088
3524.633333 2491.566667 633584.000000 4208344.000000 378.202148
2716.033333 2522.833333 609807.000000 4213290.000000 678.619385
5423.366667 1827.633333 686516.000000 4179267.000000 29.679688
4705.233333 2130.100000 666748.000000 4191795.000000 235.406168
4632.033333 2134.433333 664581.000000 4192297.000000 286.338915
1590.450000 969.650000 568853.000000 4173067.000000 1199.819824
2337.966667 4461.366667 608214.000000 4272435.000000 700.000000
371.433333 1059.566667 533221.000000 4181794.000000 903.259766
590.700000 5399.033333 561153.000000 4308783.000000 900.000000

```


1874.966667 5421.033333 599243.000000 4303068.000000 747.000000
 2429.566667 5522.433333 616144.000000 4303322.000000 895.098805
 3275.033333 5690.033333 641991.000000 4304061.000000 891.948410
 2928.900000 4287.033333 624842.000000 4264361.000000 500.000000
 2515.033333 1588.766667 599223.000000 4186718.000000 611.000000
 2967.833333 3015.166667 619701.000000 4226604.000000 370.000000
 2698.500000 4963.966667 621360.000000 4285497.000000 855.380005
 1183.633333 3355.566667 568625.000000 4245526.000000 727.620117
 980.233333 5542.366667 573358.000000 4311084.000000 780.000000
 2763.766667 3900.300000 618011.000000 4253754.000000 411.639487
 5569.633333 4200.700000 702559.000000 4248673.000000 300.000000
 418.233333 292.500000 530793.000000 4158927.000000 799.580078
 2840.633333 215.900000 602061.000000 4144566.000000 342.140137
 4312.700000 4504.633333 666865.000000 4263902.000000 697.260254
 4259.433333 5252.766667 668962.000000 4286254.000000 660.020020
 5058.833333 1723.833333 675213.000000 4178015.000000 92.000000
 1230.166667 2069.700000 563648.000000 4207303.000000 1204.840433
 556.500000 1539.233333 541092.000000 4195023.000000 1236.719360
 1545.433333 1693.166667 571083.000000 4194648.000000 1199.000000
 1077.966667 534.966667 551515.000000 4162785.000000 1189.809812
 1118.500000 50.900000 550323.000000 4148292.000000 1203.810177
 1339.633333 94.700000 557060.000000 4148480.000000 1096.700195
 5239.900000 5337.566667 698410.000000 4283891.000000 788.259766
 1134.233333 3131.233333 566050.000000 4239153.000000 802.740234
 5858.833333 1472.300000 697638.000000 4166602.000000 80.419922

Ecuaciones inversas con los nuevos parámetros:

$$X = 5886.20989952 + 0.03284761x + -0.00550652y + -0.00994457z + 3.75354972e-08z*x + -3.08143396e-09z*y$$

$$Y = -139633.04712795 + 0.00554361X + 0.03293739Y$$

Diferencias entre los valores OBSERVADOS y ESTIMADOS para cada punto del AJUSTE:

punto 1 del ajuste:	err(x) =	-0.385943 [4617.166667- 4617.552610]
	err(y) =	-0.105351 [2993.566667- 2993.672018]
	err(xy) =	+0.400064
punto 2 del ajuste:	err(x) =	-0.742591 [4816.033333- 4816.775924]
	err(y) =	-0.719992 [3443.233333- 3443.953325]
	err(xy) =	+1.034326
punto 3 del ajuste:	err(x) =	+0.181396 [5336.233333- 5336.051937]
	err(y) =	+0.955166 [1407.100000- 1406.144834]
	err(xy) =	+0.972238
punto 4 del ajuste:	err(x) =	+0.746142 [4466.950000- 4466.203858]
	err(y) =	+0.787234 [1069.950000- 1069.162766]
	err(xy) =	+1.084650
punto 5 del ajuste:	err(x) =	+0.664960 [1057.566667- 1056.901707]
	err(y) =	+0.785972 [3666.366667- 3665.580695]
	err(xy) =	+1.029526
punto 6 del ajuste:	err(x) =	-0.203430 [492.450000- 492.653430]
	err(y) =	-0.819213 [2981.550000- 2982.369213]
	err(xy) =	+0.844093
punto 7 del ajuste:	err(x) =	+0.592508 [477.550000- 476.957492]

	err(y) = +0.233824 [2955.650000- 2955.416176] err(xy) = +0.636977
punto 8 del ajuste:	err(x) = -0.278525 [446.300000- 446.578525] err(y) = +0.418934 [2747.433333- 2747.014399] err(xy) = +0.503072
punto 9 del ajuste:	err(x) = +0.075326 [1016.700000- 1016.624674] err(y) = +0.296167 [3440.366667- 3440.070500] err(xy) = +0.305596
punto 10 del ajuste:	err(x) = -0.107283 [1172.833333- 1172.940616] err(y) = -0.590772 [3488.100000- 3488.690772] err(xy) = +0.600434
punto 11 del ajuste:	err(x) = -0.229231 [1229.766667- 1229.995898] err(y) = -0.077606 [3091.566667- 3091.644273] err(xy) = +0.242011
punto 12 del ajuste:	err(x) = -0.423977 [1256.433333- 1256.857310] err(y) = +0.371391 [3390.566667- 3390.195276] err(xy) = +0.563637
punto 13 del ajuste:	err(x) = -0.630276 [694.366667- 694.996943] err(y) = +0.795094 [3390.433333- 3389.638239] err(xy) = +1.014605
punto 14 del ajuste:	err(x) = -0.266580 [1458.550000- 1458.816580] err(y) = -0.271095 [2982.550000- 2982.821095] err(xy) = +0.380206
punto 15 del ajuste:	err(x) = -1.037297 [1741.500000- 1742.537297] err(y) = +0.169332 [3103.500000- 3103.330668] err(xy) = +1.051028
punto 16 del ajuste:	err(x) = -0.552531 [977.500000- 978.052531] err(y) = -0.142720 [2925.500000- 2925.642720] err(xy) = +0.570665
punto 17 del ajuste:	err(x) = +0.131107 [784.500000- 784.368893] err(y) = +0.580927 [3936.566667- 3935.985740] err(xy) = +0.595537
punto 18 del ajuste:	err(x) = -0.299479 [554.566667- 554.866146] err(y) = +0.225499 [3740.033333- 3739.807834] err(xy) = +0.374884
punto 19 del ajuste:	err(x) = -0.511717 [1110.566667- 1111.078384] err(y) = +0.339528 [4075.566667- 4075.227139] err(xy) = +0.614112
punto 20 del ajuste:	err(x) = +0.299299 [1375.500000- 1375.200701] err(y) = +0.373149 [5092.566667- 5092.193518] err(xy) = +0.478351
punto 21 del ajuste:	err(x) = +0.399734 [763.450000- 763.050266] err(y) = +0.950829 [4602.350000- 4601.399171] err(xy) = +1.031438

punto 22 del ajuste:	err(x) = -0.092582 [4021.033333- 4021.125915] err(y) = +0.527040 [2021.633333- 2021.106293] err(xy) = +0.535110
punto 23 del ajuste:	err(x) = +0.240058 [3784.566667- 3784.326609] err(y) = +0.865965 [1430.966667- 1430.100702] err(xy) = +0.898623
punto 24 del ajuste:	err(x) = -0.274194 [3524.633333- 3524.907527] err(y) = +0.392955 [2491.566667- 2491.173712] err(xy) = +0.479162
punto 25 del ajuste:	err(x) = -0.266560 [2716.033333- 2716.299893] err(y) = +0.561586 [2522.833333- 2522.271747] err(xy) = +0.621638
punto 26 del ajuste:	err(x) = -0.102288 [5423.366667- 5423.468955] err(y) = +0.746067 [1827.633333- 1826.887266] err(xy) = +0.753047
punto 27 del ajuste:	err(x) = -0.340655 [4705.233333- 4705.573988] err(y) = +0.159069 [2130.100000- 2129.940931] err(xy) = +0.375964
punto 28 del ajuste:	err(x) = +0.317833 [4632.033333- 4631.715500] err(y) = -0.029176 [2134.433333- 2134.462509] err(xy) = +0.319170
punto 29 del ajuste:	err(x) = -0.382293 [1590.450000- 1590.832293] err(y) = -0.748154 [969.650000- 970.398154] err(xy) = +0.840168
punto 30 del ajuste:	err(x) = -0.153325 [2337.966667- 2338.119992] err(y) = -0.156236 [4461.366667- 4461.522903] err(xy) = +0.218902
punto 31 del ajuste:	err(x) = -0.115576 [371.433333- 371.548909] err(y) = -0.746360 [1059.566667- 1060.313027] err(xy) = +0.755256
punto 32 del ajuste:	err(x) = +0.319159 [590.700000- 590.380841] err(y) = +1.189689 [5399.033333- 5397.843644] err(xy) = +1.231756
punto 33 del ajuste:	err(x) = +0.539171 [1874.966667- 1874.427496] err(y) = +0.270951 [5421.033333- 5420.762382] err(xy) = +0.603423
punto 34 del ajuste:	err(x) = +0.918592 [2429.566667- 2428.648075] err(y) = -0.387626 [5522.433333- 5522.820959] err(xy) = +0.997028
punto 35 del ajuste:	err(x) = +0.578863 [3275.033333- 3274.454470] err(y) = -0.413935 [5690.033333- 5690.447268] err(xy) = +0.711635
punto 36 del ajuste:	err(x) = -0.250265 [2928.900000- 2929.150265]

	err(y) = -0.732132 [4287.033333- 4287.765465] err(xy) = +0.773725
punto 37 del ajuste:	err(x) = +0.263284 [2515.033333- 2514.770049] err(y) = +0.380854 [1588.766667- 1588.385813] err(xy) = +0.463000
punto 38 del ajuste:	err(x) = -0.280933 [2967.833333- 2968.114266] err(y) = -0.481967 [3015.166667- 3015.648634] err(xy) = +0.557867
punto 39 del ajuste:	err(x) = +0.147450 [2698.500000- 2698.352550] err(y) = -0.660706 [4963.966667- 4964.627373] err(xy) = +0.676959
punto 40 del ajuste:	err(x) = -1.229095 [1183.633333- 1184.862428] err(y) = -0.178118 [3355.566667- 3355.744785] err(xy) = +1.241934
punto 41 del ajuste:	err(x) = +1.007095 [980.233333- 979.226238] err(y) = +1.074374 [5542.366667- 5541.292293] err(xy) = +1.472589
punto 42 del ajuste:	err(x) = +0.715393 [2763.766667- 2763.051274] err(y) = -0.230166 [3900.300000- 3900.530166] err(xy) = +0.751507
punto 43 del ajuste:	err(x) = +0.463189 [5569.633333- 5569.170144] err(y) = -1.176043 [4200.700000- 4201.876043] err(xy) = +1.263970
punto 44 del ajuste:	err(x) = +0.245305 [418.233333- 417.988028] err(y) = -1.173783 [292.500000- 293.673783] err(xy) = +1.199142
punto 45 del ajuste:	err(x) = +0.354795 [2840.633333- 2840.278538] err(y) = +0.158432 [215.900000- 215.741568] err(xy) = +0.388562
punto 46 del ajuste:	err(x) = -0.506407 [4312.700000- 4313.206407] err(y) = -0.972810 [4504.633333- 4505.606143] err(xy) = +1.096726
punto 47 del ajuste:	err(x) = +0.493371 [4259.433333- 4258.939962] err(y) = -0.681030 [5252.766667- 5253.447697] err(xy) = +0.840961
punto 48 del ajuste:	err(x) = -0.398184 [5058.833333- 5059.231517] err(y) = +0.843058 [1723.833333- 1722.990275] err(xy) = +0.932362
punto 49 del ajuste:	err(x) = -0.802651 [1230.166667- 1230.969318] err(y) = +0.511720 [2069.700000- 2069.188280] err(xy) = +0.951896
punto 50 del ajuste:	err(x) = -0.122639 [556.500000- 556.622639] err(y) = -0.442189 [1539.233333- 1539.675522] err(xy) = +0.458881

punto 51 del ajuste:	err(x) =	+0.165367 [	1545.433333-	1545.267966]
	err(y) =	-0.415610 [	1693.166667-	1693.582277]
	err(xy) =	+0.447301		
punto 52 del ajuste:	err(x) =	+0.750223 [	1077.966667-	1077.216444]
	err(y) =	-0.654175 [	534.966667-	535.620842]
	err(xy) =	+0.995379		
punto 53 del ajuste:	err(x) =	+0.660929 [	1118.500000-	1117.839071]
	err(y) =	-0.751225 [	50.900000-	51.651225]
	err(xy) =	+1.000583		
punto 54 del ajuste:	err(x) =	+1.036668 [	1339.633333-	1338.596665]
	err(y) =	-0.490726 [	94.700000-	95.190726]
	err(xy) =	+1.146950		
punto 55 del ajuste:	err(x) =	-0.476334 [	5239.900000-	5240.376334]
	err(y) =	-1.298069 [	5337.566667-	5338.864736]
	err(xy) =	+1.382707		
punto 56 del ajuste:	err(x) =	-0.951314 [	1134.233333-	1135.184647]
	err(y) =	-0.326660 [	3131.233333-	3131.559993]
	err(xy) =	+1.005836		
punto 57 del ajuste:	err(x) =	+0.106939 [	5858.833333-	5858.726394]
	err(y) =	+0.908837 [	1472.300000-	1471.391163]
	err(xy) =	+0.915107		

Estimadores del error para el AJUSTE:

RMS en X = 0.518880
 RMS en Y = 0.641699
 RMS total = 0.825236
 MCF = 0.765479

RMS en unidades destino = 24.722920

Imagen TM 199-33 del 16081994

572.700000 5426.900000 561153.000000 4308783.000000 900.000000
 5836.500000 1490.500000 697638.000000 4166602.000000 77.216032
 2694.033333 2545.966667 609807.000000 4213290.000000 679.063051
 1123.433333 2765.500000 564463.000000 4227477.000000 991.000000
 4242.433333 5272.766667 668962.000000 4286254.000000 660.020020
 672.633333 3418.033333 554318.000000 4248963.000000 992.253201
 994.433333 3468.300000 564063.000000 4248854.000000 689.646701
 4796.900000 3463.633333 676547.000000 4230040.000000 183.000000
 962.500000 5568.633333 573358.000000 4311084.000000 780.000000
 2681.033333 4988.166667 621360.000000 4285497.000000 855.000000
 2910.100000 4311.100000 624842.000000 4264361.000000 500.000000
 2318.966667 4485.566667 608214.000000 4272435.000000 699.100098
 1090.500000 4102.566667 570009.000000 4267137.000000 864.831027
 1151.900000 3515.166667 568924.000000 4249512.000000 605.000000
 1163.700000 3382.633333 568625.000000 4245526.000000 727.620117
 1235.433333 3417.433333 570924.000000 4246185.000000 699.029582
 4596.500000 3014.500000 668426.000000 4217736.000000 100.000000
 3501.966667 2514.566667 633584.000000 4208344.000000 392.000000
 2946.033333 3038.966667 619701.000000 4226604.000000 369.699219
 1112.633333 3157.900000 566050.000000 4239153.000000 802.740234
 1207.766667 3118.366667 568671.000000 4237500.000000 1085.020264
 955.900000 2952.633333 560395.000000 4233853.000000 1011.255738
 423.100000 2775.500000 543775.000000 4231227.000000 787.000000
 531.450000 1567.350000 541092.000000 4195023.000000 1250.000000
 1519.833333 1720.033333 571083.000000 4194648.000000 1199.000000
 1564.633333 996.366667 568853.000000 4173067.000000 1198.688563
 5313.366667 1426.033333 681840.000000 4167280.000000 92.809385
 5401.450000 1846.550000 686516.000000 4179267.000000 29.000000
 4684.033333 2151.033333 666748.000000 4191795.000000 234.798828
 3998.433333 2043.433333 645951.000000 4191991.000000 197.000000
 1051.033333 562.900000 551515.000000 4162785.000000 1186.000000
 1091.100000 78.366667 550323.000000 4148292.000000 1202.000000
 4389.433333 4648.166667 670268.000000 4267061.000000 595.000000
 391.450000 321.750000 530793.000000 4158927.000000 799.127600
 3839.566667 1456.966667 638362.000000 4175474.000000 234.000000
 6138.366667 4760.833333 722598.000000 4261790.000000 200.000000
 3099.166667 239.300000 610471.000000 4143136.000000 236.000000
 2412.366667 5546.900000 616144.000000 4303322.000000 895.000000
 532.833333 3767.766667 551902.000000 4260001.000000 935.459961
 3258.366667 5713.300000 641991.000000 4304061.000000 890.395161
 1857.366667 5446.300000 599243.000000 4303068.000000 747.000000
 1719.833333 3129.233333 583892.000000 4235293.000000 1282.000000
 1436.166667 3009.233333 574904.000000 4233147.000000 1197.000000
 5223.766667 5356.766667 698410.000000 4283891.000000 782.645990
 453.833333 2983.566667 545731.000000 4237225.000000 1122.840088
 1430.166667 2147.100000 570513.000000 4207718.000000 1190.000000
 345.766667 1088.100000 533221.000000 4181794.000000 902.818359
 5652.033333 1530.700000 692380.000000 4168695.000000 78.000000
 1311.766667 121.300000 557060.000000 4148480.000000 1098.029973
 5551.300000 4219.633333 702559.000000 4248673.000000 300.000000
 744.100000 4629.233333 562338.000000 4284403.000000 1200.000000
 4442.700000 1090.700000 654420.000000 4161664.000000 93.240234
 5600.500000 2293.566667 694592.000000 4191491.000000 28.949502
 2971.233333 1636.700000 613563.000000 4185057.000000 597.000000
 2491.300000 1279.566667 597609.000000 4176871.000000 520.246187
 3330.833333 3782.500000 634718.000000 4246672.000000 375.000000

Ecuaciones inversas con los nuevos parámetros:

$$X = 5630.46361245 + 0.03287285x + -0.00545472y + -0.03471529z + 3.57436012e-08z*x + 2.96338479e-09z*y$$

$$Y = -139592.74497852 + 0.00548109X + 0.03294259Y$$

Diferencias entre los valores OBSERVADOS y ESTIMADOS para cada punto del AJUSTE:

punto 1 del ajuste:	err(x) =	+0.462352 [572.700000-	572.237648]
	err(y) =	+1.451786 [5426.900000-	5425.448214]
	err(xy) =	+1.523631	
punto 2 del ajuste:	err(x) =	+0.154840 [5836.500000-	5836.345160]
	err(y) =	+0.774948 [1490.500000-	1489.725052]
	err(xy) =	+0.790265	
punto 3 del ajuste:	err(x) =	+0.105919 [2694.033333-	2693.927414]
	err(y) =	-0.372092 [2545.966667-	2546.338759]
	err(xy) =	+0.386874	
punto 4 del ajuste:	err(x) =	-0.821841 [1123.433333-	1124.255174]
	err(y) =	+0.339404 [2765.500000-	2765.160596]
	err(xy) =	+0.889167	
punto 5 del ajuste:	err(x) =	+0.364507 [4242.433333-	4242.068826]
	err(y) =	-1.429080 [5272.766667-	5274.195747]
	err(xy) =	+1.474834	
punto 6 del ajuste:	err(x) =	-0.627420 [672.633333-	673.260753]
	err(y) =	+0.673980 [3418.033333-	3417.359353]
	err(xy) =	+0.920818	
punto 7 del ajuste:	err(x) =	-0.707118 [994.433333-	995.140451]
	err(y) =	+1.118144 [3468.300000-	3467.181856]
	err(xy) =	+1.322975	
punto 8 del ajuste:	err(x) =	-0.255184 [4796.900000-	4797.155184]
	err(y) =	-0.301876 [3463.633333-	3463.935209]
	err(xy) =	+0.395282	
punto 9 del ajuste:	err(x) =	+1.028260 [962.500000-	961.471740]
	err(y) =	+0.487492 [5568.633333-	5568.145841]
	err(xy) =	+1.137967	
punto 10 del ajuste:	err(x) =	+0.735336 [2681.033333-	2680.297997]
	err(y) =	-0.180581 [4988.166667-	4988.347248]
	err(xy) =	+0.757184	
punto 11 del ajuste:	err(x) =	+0.085619 [2910.100000-	2910.014381]
	err(y) =	-0.057878 [4311.100000-	4311.157878]
	err(xy) =	+0.103346	
punto 12 del ajuste:	err(x) =	-0.048669 [2318.966667-	2319.015336]
	err(y) =	-0.430060 [4485.566667-	4485.996727]
	err(xy) =	+0.432805	
punto 13 del ajuste:	err(x) =	-0.260522 [1090.500000-	1090.760522]
	err(y) =	+0.504905 [4102.566667-	4102.061762]

	err(xy) =	+0.568156		
punto 14 del ajuste:	err(x) =	+0.281405 [	1151.900000-	1151.618595]
	err(y) =	-0.335002 [	3515.166667-	3515.501669]
	err(xy) =	+0.437510		
punto 15 del ajuste:	err(x) =	+0.403343 [	1163.700000-	1163.296657]
	err(y) =	+0.079665 [	3382.633333-	3382.553668]
	err(xy) =	+0.411135		
punto 16 del ajuste:	err(x) =	+0.046117 [	1235.433333-	1235.387216]
	err(y) =	+0.569468 [	3417.433333-	3416.863865]
	err(xy) =	+0.571333		
punto 17 del ajuste:	err(x) =	-0.610848 [	4596.500000-	4597.110848]
	err(y) =	+0.402341 [	3014.500000-	3014.097659]
	err(xy) =	+0.731446		
punto 18 del ajuste:	err(x) =	-1.009259 [	3501.966667-	3502.975926]
	err(y) =	+0.838013 [	2514.566667-	2513.728654]
	err(xy) =	+1.311819		
punto 19 del ajuste:	err(x) =	-0.793133 [	2946.033333-	2946.826466]
	err(y) =	-0.199632 [	3038.966667-	3039.166299]
	err(xy) =	+0.817871		
punto 20 del ajuste:	err(x) =	-0.553725 [	1112.633333-	1113.187058]
	err(y) =	-0.596744 [	3157.900000-	3158.496744]
	err(xy) =	+0.814072		
punto 21 del ajuste:	err(x) =	-0.151038 [	1207.766667-	1207.917705]
	err(y) =	-0.041922 [	3118.366667-	3118.408589]
	err(xy) =	+0.156748		
punto 22 del ajuste:	err(x) =	+0.319584 [	955.900000-	955.580416]
	err(y) =	-0.272118 [	2952.633333-	2952.905451]
	err(xy) =	+0.419741		
punto 23 del ajuste:	err(x) =	-0.463621 [	423.100000-	423.563621]
	err(y) =	+0.197539 [	2775.500000-	2775.302461]
	err(xy) =	+0.503951		
punto 24 del ajuste:	err(x) =	+0.124019 [	531.450000-	531.325981]
	err(y) =	-0.593245 [	1567.350000-	1567.943245]
	err(xy) =	+0.606070		
punto 25 del ajuste:	err(x) =	-0.861886 [	1519.833333-	1520.695219]
	err(y) =	+0.060116 [	1720.033333-	1719.973217]
	err(xy) =	+0.863980		
punto 26 del ajuste:	err(x) =	-0.302218 [	1564.633333-	1564.935551]
	err(y) =	-0.449730 [	996.366667-	996.816397]
	err(xy) =	+0.541841		
punto 27 del ajuste:	err(x) =	+0.057264 [	5313.366667-	5313.309403]
	err(y) =	+0.563504 [	1426.033333-	1425.469829]
	err(xy) =	+0.566406		

punto 28 del ajuste:	err(x) =	-0.064981 [	5401.450000-	5401.514981]
	err(y) =	+0.567785 [	1846.550000-	1845.982215]
	err(xy) =	+0.571491		
punto 29 del ajuste:	err(x) =	+0.388405 [	4684.033333-	4683.644928]
	err(y) =	+0.696614 [	2151.033333-	2150.336719]
	err(xy) =	+0.797577		
punto 30 del ajuste:	err(x) =	-0.281333 [	3998.433333-	3998.714666]
	err(y) =	+0.630145 [	2043.433333-	2042.803188]
	err(xy) =	+0.690095		
punto 31 del ajuste:	err(x) =	+0.707319 [	1051.033333-	1050.326014]
	err(y) =	-0.169530 [	562.900000-	563.069530]
	err(xy) =	+0.727352		
punto 32 del ajuste:	err(x) =	+1.048597 [	1091.100000-	1090.051403]
	err(y) =	-0.732478 [	78.366667-	79.099145]
	err(xy) =	+1.279094		
punto 33 del ajuste:	err(x) =	-0.130510 [	4389.433333-	4389.563843]
	err(y) =	-0.920301 [	4648.166667-	4649.086968]
	err(xy) =	+0.929509		
punto 34 del ajuste:	err(x) =	+0.840394 [	391.450000-	390.609606]
	err(y) =	-0.647830 [	321.750000-	322.397830]
	err(xy) =	+1.061106		
punto 35 del ajuste:	err(x) =	+0.273856 [	3839.566667-	3839.292811]
	err(y) =	-0.127790 [	1456.966667-	1457.094457]
	err(xy) =	+0.302204		
punto 36 del ajuste:	err(x) =	+0.189328 [	6138.366667-	6138.177339]
	err(y) =	-1.438821 [	4760.833333-	4762.272154]
	err(xy) =	+1.451224		
punto 37 del ajuste:	err(x) =	+0.592563 [	3099.166667-	3098.574104]
	err(y) =	+0.376092 [	239.300000-	238.923908]
	err(xy) =	+0.701838		
punto 38 del ajuste:	err(x) =	+0.875745 [	2412.366667-	2411.490922]
	err(y) =	-0.059495 [	5546.900000-	5546.959495]
	err(xy) =	+0.877764		
punto 39 del ajuste:	err(x) =	-0.878412 [	532.833333-	533.711745]
	err(y) =	+0.029351 [	3767.766667-	3767.737316]
	err(xy) =	+0.878903		
punto 40 del ajuste:	err(x) =	+0.417967 [	3258.366667-	3257.948700]
	err(y) =	+0.326138 [	5713.300000-	5712.973862]
	err(xy) =	+0.530153		
punto 41 del ajuste:	err(x) =	+0.535030 [	1857.366667-	1856.831637]
	err(y) =	+0.343865 [	5446.300000-	5445.956135]
	err(xy) =	+0.636003		
punto 42 del ajuste:	err(x) =	-0.808898 [	1719.833333-	1720.642231]
	err(y) =	+0.101327 [	3129.233333-	3129.132006]

	err(xy) =	+0.815219	
punto 43 del ajuste:	err(x) =	-0.438063 [1436.166667-	1436.604730]
	err(y) =	+0.060179 [3009.233333-	3009.173154]
	err(xy) =	+0.442177	
punto 44 del ajuste:	err(x) =	-0.282363 [5223.766667-	5224.049030]
	err(y) =	-0.992954 [5356.766667-	5357.759621]
	err(xy) =	+1.032321	
punto 45 del ajuste:	err(x) =	-0.490385 [453.833333-	454.323718]
	err(y) =	-0.046451 [2983.566667-	2983.613118]
	err(xy) =	+0.492580	
punto 46 del ajuste:	err(x) =	-0.536476 [1430.166667-	1430.703143]
	err(y) =	-0.308615 [2147.100000-	2147.408615]
	err(xy) =	+0.618910	
punto 47 del ajuste:	err(x) =	+0.289886 [345.766667-	345.476781]
	err(y) =	-0.904075 [1088.100000-	1089.004075]
	err(xy) =	+0.949413	
punto 48 del ajuste:	err(x) =	-0.037484 [5652.033333-	5652.070817]
	err(y) =	+0.845696 [1530.700000-	1529.854304]
	err(xy) =	+0.846526	
punto 49 del ajuste:	err(x) =	+0.725241 [1311.766667-	1311.041426]
	err(y) =	-0.918471 [121.300000-	122.218471]
	err(xy) =	+1.170283	
punto 50 del ajuste:	err(x) =	+0.164385 [5551.300000-	5551.135615]
	err(y) =	-0.695288 [4219.633333-	4220.328621]
	err(xy) =	+0.714456	
punto 51 del ajuste:	err(x) =	+0.524435 [744.100000-	743.575565]
	err(y) =	+0.430312 [4629.233333-	4628.803021]
	err(xy) =	+0.678381	
punto 52 del ajuste:	err(x) =	+0.222471 [4442.700000-	4442.477529]
	err(y) =	+0.527297 [1090.700000-	1090.172703]
	err(xy) =	+0.572307	
punto 53 del ajuste:	err(x) =	+0.173144 [5600.500000-	5600.326856]
	err(y) =	+0.628958 [2293.566667-	2292.937709]
	err(xy) =	+0.652355	
punto 54 del ajuste:	err(x) =	-0.233472 [2971.233333-	2971.466805]
	err(y) =	-0.157664 [1636.700000-	1636.857664]
	err(xy) =	+0.281722	
punto 55 del ajuste:	err(x) =	-0.085796 [2491.300000-	2491.385796]
	err(y) =	-0.177626 [1279.566667-	1279.744293]
	err(xy) =	+0.197261	
punto 56 del ajuste:	err(x) =	-0.402680 [3330.833333-	3331.236013]
	err(y) =	-0.067713 [3782.500000-	3782.567713]
	err(xy) =	+0.408334	

Estimadores del error para el AJUSTE:

RMS en X = 0.520059
RMS en Y = 0.606168
RMS total = 0.798687
MCF = 0.727925

RMS en unidades destino = 23.925408

Imagen TM 199-33 del 11081998

884.250000 4724.550000 594531.000000 4376886.000000 831.643341
 4984.450000 657.650000 695860.600000 4236626.900000 97.973543
 1216.033333 2099.033333 591500.800000 4297724.200000 777.043993
 736.500000 1351.566667 573706.000000 4277983.000000 1259.720350
 1564.500000 770.300000 595272.000000 4256748.000000 599.723328
 1729.750000 743.650000 600021.200000 4255151.200000 551.751865
 2042.033333 132.500000 606225.800000 4235565.800000 414.059115
 1781.966667 1003.566667 602826.200000 4262571.200000 556.061429
 1921.500000 5432.566667 628661.000000 4392737.000000 1000.000000
 4013.450000 4097.450000 683987.500000 4343065.800000 726.498669
 4294.450000 3571.450000 689713.800000 4326113.800000 584.617528
 3974.450000 2921.550000 677038.800000 4308483.800000 992.645126
 4559.550000 2441.550000 691975.800000 4291437.500000 899.999939
 4029.033333 1538.966667 671877.500000 4267349.200000 621.686648
 3340.433333 1956.500000 653587.500000 4283064.200000 698.949482
 3321.900000 604.100000 646397.500000 4243187.500000 400.005162
 2834.450000 188.550000 629913.800000 4233341.200000 199.921979
 5325.350000 3297.650000 718867.500000 4312962.500000 200.888563
 636.900000 1124.033333 569613.000000 4271761.000000 899.266563
 1618.633333 1114.633333 598586.000000 4266659.000000 684.183044
 579.700000 1995.500000 572190.000000 4297785.000000 861.656515
 545.950000 2440.050000 573357.000000 4311082.000000 776.787666
 1914.950000 2503.850000 614157.000000 4306240.000000 799.967823
 1442.500000 3221.566667 603674.000000 4329756.000000 686.059768
 502.150000 3271.650000 576127.000000 4335871.000000 750.596482
 477.566667 3731.633333 577660.000000 4349551.000000 712.924189
 2904.833333 2980.166667 645755.000000 4315449.000000 922.981823
 3101.566667 3563.300000 654408.000000 4331710.000000 858.926409
 3781.566667 3066.433333 672088.000000 4313682.000000 982.412056
 4261.500000 2995.566667 685901.000000 4309237.000000 784.404704
 5356.966667 5156.233333 728905.000000 4367745.000000 5.500562
 5918.166667 1556.766667 727910.000000 4258565.000000 71.521317
 573.433333 322.500000 563778.000000 4248423.000000 716.800075
 698.366667 5612.233333 593374.000000 4404044.000000 1014.365398
 5267.166667 285.966667 702367.000000 4224213.000000 29.521081
 3588.650000 4921.250000 675437.000000 4369466.000000 701.776121
 5729.500000 4130.833333 734932.000000 4335597.000000 69.341482
 5499.100000 2943.700000 722254.000000 4301650.000000 621.002050
 4739.750000 5209.450000 710916.000000 4372333.000000 97.270764

Ecuaciones inversas con los nuevos parámetros:

$$X = 5223.05507856 + 0.03288694x + -0.00545785y + -0.05095890z + 4.49301572e-08z*x + 4.77657920e-09z*y$$

$$Y = -142692.80084992 + 0.00546967X + 0.03293764Y$$

Diferencias entre los valores OBSERVADOS y ESTIMADOS para cada punto del AJUSTE:

punto 1 del ajuste: $err(x) = +0.053318$ [884.250000- 884.196682]
 $err(y) = +1.152044$ [4724.550000- 4723.397956]
 $err(xy) = +1.153277$

punto 2 del ajuste: $err(x) = -0.510537$ [4984.450000- 4984.960537]
 $err(y) = -0.182668$ [657.650000- 657.832668]
 $err(xy) = +0.542232$

punto 3 del ajuste: $err(x) = -0.345266$ [1216.033333- 1216.378599]

	err(y) = -0.387252 [2099.033333- 2099.420585]
	err(xy) = +0.518819
punto 4 del ajuste:	err(x) = +0.579668 [736.500000- 735.920332]
	err(y) = -0.293695 [1351.566667- 1351.860362]
	err(xy) = +0.649824
punto 5 del ajuste:	err(x) = -0.211401 [1564.500000- 1564.711401]
	err(y) = -0.088298 [770.300000- 770.388298]
	err(xy) = +0.229100
punto 6 del ajuste:	err(x) = -0.162808 [1729.750000- 1729.912808]
	err(y) = -0.120004 [743.650000- 743.770004]
	err(xy) = +0.202256
punto 7 del ajuste:	err(x) = +0.593404 [2042.033333- 2041.439929]
	err(y) = -0.110157 [132.500000- 132.610157]
	err(xy) = +0.603542
punto 8 del ajuste:	err(x) = +0.229295 [1781.966667- 1781.737372]
	err(y) = +0.056933 [1003.566667- 1003.509734]
	err(xy) = +0.236257
punto 9 del ajuste:	err(x) = +0.337713 [1921.500000- 1921.162287]
	err(y) = +0.394430 [5432.566667- 5432.172237]
	err(xy) = +0.519255
punto 10 del ajuste:	err(x) = -0.436185 [4013.450000- 4013.886185]
	err(y) = -1.287383 [4097.450000- 4098.737383]
	err(xy) = +1.359269
punto 11 del ajuste:	err(x) = -0.307714 [4294.450000- 4294.757714]
	err(y) = -0.249387 [3571.450000- 3571.699387]
	err(xy) = +0.396083
punto 12 del ajuste:	err(x) = +0.678004 [3974.450000- 3973.771996]
	err(y) = -0.130712 [2921.550000- 2921.680712]
	err(xy) = +0.690489
punto 13 del ajuste:	err(x) = +0.982731 [4559.550000- 4558.567269]
	err(y) = -0.366144 [2441.550000- 2441.916144]
	err(xy) = +1.048724
punto 14 del ajuste:	err(x) = +0.775531 [4029.033333- 4028.257802]
	err(y) = +0.393353 [1538.966667- 1538.573314]
	err(xy) = +0.869583
punto 15 del ajuste:	err(x) = -0.000434 [3340.433333- 3340.433767]
	err(y) = +0.351793 [1956.500000- 1956.148207]
	err(xy) = +0.351793
punto 16 del ajuste:	err(x) = +0.148481 [3321.900000- 3321.751519]
	err(y) = +0.723238 [604.100000- 603.376762]
	err(xy) = +0.738322
punto 17 del ajuste:	err(x) = +0.884918 [2834.450000- 2833.565082]
	err(y) = -0.352512 [188.550000- 188.902512]
	err(xy) = +0.952546

punto 18 del ajuste:	err(x) = +0.054446 [5325.350000- 5325.295554] err(y) = -0.337537 [3297.650000- 3297.987537] err(xy) = +0.341900
punto 19 del ajuste:	err(x) = +0.107794 [636.900000- 636.792206] err(y) = -0.501667 [1124.033333- 1124.535000] err(xy) = +0.513117
punto 20 del ajuste:	err(x) = -0.779143 [1618.633333- 1619.412476] err(y) = -0.326427 [1114.633333- 1114.959760] err(xy) = +0.844759
punto 21 del ajuste:	err(x) = -0.200259 [579.700000- 579.900259] err(y) = -0.299576 [1995.500000- 1995.799576] err(xy) = +0.360347
punto 22 del ajuste:	err(x) = -0.247077 [545.950000- 546.197077] err(y) = -0.104529 [2440.050000- 2440.154529] err(xy) = +0.268279
punto 23 del ajuste:	err(x) = -0.802140 [1914.950000- 1915.752140] err(y) = +0.017189 [2503.850000- 2503.832811] err(xy) = +0.802324
punto 24 del ajuste:	err(x) = -0.223991 [1442.500000- 1442.723991] err(y) = +0.510723 [3221.566667- 3221.055944] err(xy) = +0.557682
punto 25 del ajuste:	err(x) = -0.152187 [502.150000- 502.302187] err(y) = -0.146761 [3271.650000- 3271.796761] err(xy) = +0.211423
punto 26 del ajuste:	err(x) = -0.747863 [477.566667- 478.314530] err(y) = +0.864605 [3731.633333- 3730.768728] err(xy) = +1.143171
punto 27 del ajuste:	err(x) = -0.825912 [2904.833333- 2905.659245] err(y) = +0.180600 [2980.166667- 2979.986067] err(xy) = +0.845428
punto 28 del ajuste:	err(x) = -0.399112 [3101.566667- 3101.965779] err(y) = +0.385887 [3563.300000- 3562.914113] err(xy) = +0.555157
punto 29 del ajuste:	err(x) = -0.823151 [3781.566667- 3782.389818] err(y) = +0.615380 [3066.433333- 3065.817953] err(xy) = +1.027750
punto 30 del ajuste:	err(x) = +0.081509 [4261.500000- 4261.418491] err(y) = +0.604052 [2995.566667- 2994.962615] err(xy) = +0.609526
punto 31 del ajuste:	err(x) = +0.938472 [5356.966667- 5356.028195] err(y) = -1.062457 [5156.233333- 5157.295790] err(xy) = +1.417584
punto 32 del ajuste:	err(x) = -1.161699 [5918.166667- 5919.328366]

	err(y) =	+1.045171 [1556.766667-	1555.721496]
	err(xy) =	+1.562667	
punto 33 del ajuste:	err(x) =	+0.523597 [573.433333-	572.909736]
	err(y) =	-1.420765 [322.500000-	323.920765]
	err(xy) =	+1.514175	
punto 34 del ajuste:	err(x) =	+0.975869 [698.366667-	697.390798]
	err(y) =	+0.643243 [5612.233333-	5611.590090]
	err(xy) =	+1.168795	
punto 35 del ajuste:	err(x) =	+0.507659 [5267.166667-	5266.659008]
	err(y) =	+1.430786 [285.966667-	284.535881]
	err(xy) =	+1.518179	
punto 36 del ajuste:	err(x) =	+0.245772 [3588.650000-	3588.404228]
	err(y) =	-0.279398 [4921.250000-	4921.529398]
	err(xy) =	+0.372111	
punto 37 del ajuste:	err(x) =	-0.374236 [5729.500000-	5729.874236]
	err(y) =	-0.548750 [4130.833333-	4131.382083]
	err(xy) =	+0.664214	
punto 38 del ajuste:	err(x) =	-0.185507 [5499.100000-	5499.285507]
	err(y) =	-0.203461 [2943.700000-	2943.903461]
	err(xy) =	+0.275335	
punto 39 del ajuste:	err(x) =	+0.198443 [4739.750000-	4739.551557]
	err(y) =	-0.569887 [5209.450000-	5210.019887]
	err(xy) =	+0.603449	

Estimadores del error para el AJUSTE:

RMS en X = 0.553285
RMS en Y = 0.611023
RMS total = 0.824302
MCF = 0.724070

RMS en unidades destino = 24.694253

Imagen ETM+ 199-33 del 09092000

5568.366667 5330.900000 729385.000000 4367698.300000 1.295627
 5615.975000 377.525000 706592.500000 4220847.500000 2.036211
 4227.475000 2884.125000 677686.900000 4301850.600000 879.684173
 3978.225000 3243.275000 672080.000000 4313692.500000 978.924408
 766.400000 507.866667 563763.100000 4248438.100000 714.077076
 702.233333 3507.866667 576528.100000 4337549.400000 748.338795
 3598.125000 4991.375000 669405.600000 4367298.100000 819.238671
 870.375000 5739.325000 592421.700000 4402744.200000 1058.366122
 6400.533333 3860.733333 746818.300000 4320120.800000 3.586634
 4209.966667 4273.500000 683986.900000 4343063.100000 725.328090
 494.325000 721.325000 556794.200000 4256068.300000 1133.661558
 1560.333333 2930.633333 599071.700000 4316257.500000 698.198417
 1766.666667 4020.266667 610495.000000 4347518.300000 703.186672
 4879.225000 2676.775000 695942.500000 4292520.000000 826.044769
 4536.333333 3715.400000 690904.200000 4324943.300000 502.986879
 2970.466667 5882.233333 655187.500000 4396710.800000 888.682704
 4936.200000 5382.900000 710927.500000 4372332.500000 97.310171
 858.225000 1990.075000 573736.900000 4291851.900000 985.012479
 4679.025000 2131.125000 687385.000000 4277350.000000 500.000000
 863.425000 2704.225000 577335.900000 4312976.600000 735.465566
 1080.100000 4899.200000 594497.500000 4376882.500000 833.596714
 5379.500000 1243.800000 703798.400000 4247657.800000 269.856810
 5312.266667 1392.633333 702509.400000 4252394.400000 296.324849
 624.100000 1190.700000 562925.000000 4269322.500000 1262.299273
 1058.000000 879.033333 574185.600000 4257988.100000 888.983280
 4263.000000 933.533333 669214.200000 4243940.000000 593.565657

Ecuaciones inversas con los nuevos parámetros:

$$\begin{aligned}
 X &= 5299.93176926 + 0.03288997x + -0.00543100y + 0.01319841z + 4.50195569e-08z*x + - \\
 &9.73045314e-09z*y \\
 Y &= -142279.96307550 + 0.00543722X + 0.03288803Y
 \end{aligned}$$

Diferencias entre los valores OBSERVADOS y ESTIMADOS para cada punto del AJUSTE:

punto 1 del ajuste:	err(x) =	-0.064242 [5568.366667- 5568.430909]
	err(y) =	+0.037073 [5330.900000- 5330.862927]
	err(xy) =	+0.074171
punto 2 del ajuste:	err(x) =	-0.360951 [5615.975000- 5616.335951]
	err(y) =	+0.223654 [377.525000- 377.301346]
	err(xy) =	+0.424626
punto 3 del ajuste:	err(x) =	+0.152682 [4227.475000- 4227.322318]
	err(y) =	-0.042919 [2884.125000- 2884.167919]
	err(xy) =	+0.158600
punto 4 del ajuste:	err(x) =	-0.196797 [3978.225000- 3978.421797]
	err(y) =	+0.136218 [3243.275000- 3243.138782]
	err(xy) =	+0.239342
punto 5 del ajuste:	err(x) =	-0.457921 [766.400000- 766.857921]
	err(y) =	-0.240938 [507.866667- 508.107605]
	err(xy) =	+0.517438
punto 6 del ajuste:	err(x) =	-0.188454 [702.233333- 702.421787]

	err(y) = -0.342301 [3507.866667- 3508.208968]
	err(xy) = +0.390749
punto 7 del ajuste:	err(x) = -0.441587 [3598.125000- 3598.566587]
	err(y) = -0.205190 [4991.375000- 4991.580190]
	err(xy) = +0.486931
punto 8 del ajuste:	err(x) = +0.146546 [870.375000- 870.228454]
	err(y) = +0.570416 [5739.325000- 5738.754584]
	err(xy) = +0.588940
punto 9 del ajuste:	err(x) = +0.315930 [6400.533333- 6400.217403]
	err(y) = -0.187858 [3860.733333- 3860.921191]
	err(xy) = +0.367563
punto 10 del ajuste:	err(x) = -0.367006 [4209.966667- 4210.333673]
	err(y) = -0.320406 [4273.500000- 4273.820406]
	err(xy) = +0.487189
punto 11 del ajuste:	err(x) = -0.288351 [494.325000- 494.613351]
	err(y) = +0.166546 [721.325000- 721.158454]
	err(xy) = +0.332993
punto 12 del ajuste:	err(x) = -0.189299 [1560.333333- 1560.522632]
	err(y) = +0.098637 [2930.633333- 2930.534696]
	err(xy) = +0.213456
punto 13 del ajuste:	err(x) = +0.070763 [1766.666667- 1766.595904]
	err(y) = -0.485174 [4020.266667- 4020.751841]
	err(xy) = +0.490307
punto 14 del ajuste:	err(x) = +0.147396 [4879.225000- 4879.077604]
	err(y) = +0.212516 [2676.775000- 2676.562484]
	err(xy) = +0.258628
punto 15 del ajuste:	err(x) = +0.220915 [4536.333333- 4536.112418]
	err(y) = -0.106694 [3715.400000- 3715.506694]
	err(xy) = +0.245331
punto 16 del ajuste:	err(x) = +0.038125 [2970.466667- 2970.428542]
	err(y) = +0.634198 [5882.233333- 5881.599135]
	err(xy) = +0.635343
punto 17 del ajuste:	err(x) = -0.250196 [4936.200000- 4936.450196]
	err(y) = -0.015234 [5382.900000- 5382.915234]
	err(xy) = +0.250659
punto 18 del ajuste:	err(x) = -0.168961 [858.225000- 858.393961]
	err(y) = -0.056760 [1990.075000- 1990.131760]
	err(xy) = +0.178240
punto 19 del ajuste:	err(x) = +0.034198 [4679.025000- 4678.990802]
	err(y) = +0.002939 [2131.125000- 2131.122061]
	err(xy) = +0.034324
punto 20 del ajuste:	err(x) = +0.738004 [863.425000- 862.686996]
	err(y) = -0.225114 [2704.225000- 2704.450114]
	err(xy) = +0.771574

punto 21 del ajuste:	err(x) = +0.188121 [1080.100000- 1079.911879] err(y) = -0.300734 [4899.200000- 4899.500734] err(xy) = +0.354726
punto 22 del ajuste:	err(x) = -0.281813 [5379.500000- 5379.781813] err(y) = -0.047231 [1243.800000- 1243.847231] err(xy) = +0.285744
punto 23 del ajuste:	err(x) = +0.541334 [5312.266667- 5311.725333] err(y) = +0.017220 [1392.633333- 1392.616113] err(xy) = +0.541608
punto 24 del ajuste:	err(x) = +0.047752 [624.100000- 624.052248] err(y) = +0.302507 [1190.700000- 1190.397493] err(xy) = +0.306252
punto 25 del ajuste:	err(x) = +0.360710 [1058.000000- 1057.639290] err(y) = +0.175638 [879.033333- 878.857695] err(xy) = +0.401199
punto 26 del ajuste:	err(x) = +0.253102 [4263.000000- 4262.746898] err(y) = -0.001010 [933.533333- 933.534343] err(xy) = +0.253104

Estimadores del error para el AJUSTE:

RMS en X = 0.299350
RMS en Y = 0.259698
RMS total = 0.396300
MCF = 0.357271

RMS en unidades destino = 11.882542

Anexo III:

Determinación de parámetros solares

i) El **ángulo cenital solar** (θ), entendida como la relación trigonométrica entre el sol (el centro del disco solar), y una superficie horizontal, sin considerar la presencia de la refracción en la atmósfera, se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$\cos(\theta) = \sin(\delta) \sin(\phi) + \cos(\delta) \cos(\phi) \cos(\omega)$$

en donde:

δ , es la declinación solar, esto es, la posición angular del sol en el mediodía solar con respecto al plano del ecuador; en grados, hacia el norte positivo. La declinación es estimada mediante la ecuación:

$$\delta = (0.006918 - 0.399912 \cos(\Gamma) + 0.07257 \sin(\Gamma) - 0.006758 \cos(2\Gamma) + 0.000907 \sin(2\Gamma) - 0.002697 \cos(3\Gamma) + 0.00148 \sin(3\Gamma))(180/\pi)$$

en la que Γ es el “ángulo del día” (en radianes) y su valor se calcula por:

$$\Gamma = 2\pi (d_n - 1) / 365$$

Siendo:

d_n es el número de días, comenzando desde 1 para el 1 de Enero, hasta 365 para el 31 de Diciembre. Para el mes de Febrero se asume siempre el valor de 28 días.

ω , es el ángulo horario, cero en el mediodía y positivo hacia la mañana. Cada hora equivale a 15° .

ϕ , es la latitud geográfica, en grados y positiva hacia el Norte.

ii) El **ángulo acimutal solar** (ϕ_s), se utiliza la siguiente relación trigonométrica (Iqbal, 1983):

$$\cos(\phi_s) = \frac{\sin(\gamma)\sin(\phi) - \sin(\delta)}{\sin(\gamma)\cos(\phi)}$$

De igual modo que en el caso anterior:

ϕ_s , es el ángulo acimutal solar;

γ , la elevación solar ($90 - \theta$);

ϕ , es la latitud geográfica, en grados y positiva hacia el norte.

δ , es la declinación solar.

iii) El **factor de corrección**, k , debido a la excentricidad de la órbita terrestre, se define como el cuadrado del cociente entre la distancia media Tierra-Sol (1 UA) y la distancia que en esa fecha se tenga. Su cálculo se realiza mediante la ecuación (Iqbal,83)

$$k = 1.000110 + 0.034221 \cos(\Gamma) + 0.001280 \sin(\Gamma) \\ + 0.000719 \cos(2\Gamma) + 0.000077 \sin(2\Gamma)$$

en la que Γ se calcula por la ecuación B.3.

Anexo IV:

Catálogo florístico. Datos de campo.

A continuación se incluye, en primer lugar, el catálogo florístico de todas las especies determinadas en las sucesivas visitas al campo, en las tres zonas incendiadas: Yeste, Almansa y Liétor. Tras ello, se recogen las fichas elaboradas en campo en cada una de las parcelas visitadas.

A_IV.1.- CATÁLOGO FLORÍSTICO

Las especies determinadas en los inventarios realizados en las parcelas investigadas en campo, son las siguientes:

Anacyclus clavatus (Desf.) Pers.

Andryala integrifolia L.

Anthyllis cytisoides L.

Arbutus unedo L.

Argyrolobium zanonii (Turra) P. W. Ball

Asphodelus cerasiferus J. Gay in Sc. (= *A. albus* auct. non Mill.)

Atractylis humilis L.

Atriplex halimus L.

Avenula bromoides (Gouan) H. Scholz

Bituminaria bituminosa (L.) Stirton (= *Psoralea bituminosa* L.)

Bombycilaena erecta (L.) Smolj. (= *Micropus erectus* L.)

Brachypodium phoenicoides (L.) Roemer & Schultes

Brachypodium retusum (Pers.) P. Beauv. (= *B. ramosum* (L.) Roemer & Schultes)

Bupleurum fruticosum L.

Bupleurum rigidum L.

Campanula afra Cav. (= *C. dichotoma* auct.)

Centaureum erythraea Rafn (= *Erythraea centaurium* auct.)

Cistus albidus L.

Cistus clusii Dunal in DC. (= *C. libanotis* auct.)

Cistus ladanifer L.

Cistus laurifolius L.

Cistus monspeliensis L.

Cistus salviifolius L.

Convolvulus lanuginosus Desr. in Lam.

Coris monspeliensis L.

Pinus halepensis Mill.

Coronilla minima L.

Crataegus monogyna Jacq.

Cuscuta sp.

Cytisus reverchonii (Degen & Hervier) Bean

Daphne gnidium L.

Dorycnium pentaphyllum Scop.

Erica arborea L.

Erica multiflora L.

Erinacea anthyllis Link

Euphorbia nicaeensis All.

Euphorbia serrata L.

Foeniculum vulgare Mill.

Fumana ericifolia Wallr. (= *F. montana* Pomel; *F. ericoides* auct.)

Fumana ericoides (Cav.) Gand. in Magnier

Fumana thymifolia (L.) Spach ex Webb (= *F. glutinosa* (L.) Boiss.)

Galium sp.

Genista pumila (Deb. & Rev. ex Herv.) subsp. *pumila* (= *G. mugronensis* Vierh.)

Genista scorpius (L.) DC. in Lam. & DC.

Globularia alypum L.

Halimium atriplicifolium (Lam.) Spach

Haplophyllum linifolium (L.) G. Don fil.

Helianthemum apenninum (L.) Mill.

Helianthemum cinereum (Cav.) Pers. subsp. *rotundifolium* (Dunal in DC.) Greut. & Burdet (= *H. rotundifolium* Dunal in DC.)

Helianthemum hirtum (L.) Mill.

Helianthemum syriacum (Jacq.) Dum. Cours. (= *H. lavandulifolium* Desf.)

Helianthemum violaceum (Cav.) Pers. (= *H. pilosum* auct., non (L.) Mill.)

Helichrysum serotinum Boiss. (= *H. italicum* auct.)

Helictotrichon filifolium (Lag.) Henrard

Hypericum ericoides L.

Inula conyza DC.

Juniperus oxycedrus L.

Juniperus phoenicea L.

Juniperus thurifera L.

Koeleria vallesiana (Honck.) Gaudin (= *K. setacea* Pers.)

Lavandula latifolia Medik. (= *L. spica* auct. non L.)

Leuzea conifera (L.) DC. in Lam. & DC.

Linum narbonense L.

Linum suffruticosum L. (= *L. differens* Pau)

Lithodora fruticosa (L.) Griseb.

Lonicera implexa Aiton

Ononis minutissima L.

Ononis sp.

Orobanche sp.

Phillyrea angustifolia L.

Phlomis crinita Cav.

Pilosella officinarum Schultz & Schultz Bip. (= *Hieracium pilosella* L.)

Pinus halepensis Mill.

Pinus pinaster Aiton

Pistacia lentiscus L.

Pistacia terebinthus L.

Quercus coccifera L.

Quercus faginea Lam. (= *Q. valentina* Cav.)

Quercus ilex L. subsp. *Ballota* (Desf.) Samp. (= *Q. rotundifolia* Lam.)

Reseda sp.

Rhamnus alaternus L.

Rhamnus lycioides L.

Rosmarinus officinalis L.

Rubia peregrina L.

Rubus ulmifolius Schott

Rumex angiocarpus Murb.

Ruta angustifolia Pers.

Salvia lavandulifolia Vahl

Sanguisorba minor Scop. (= *Poterium sanguisorba* L.)

Santolina chamaecyparissus L. subsp. *squarrosa* (DC.) Nyman

Satureja obovata Lag. (= *S. cuniefolia* Ten. subsp. *ovobata* (Lag.) G. López

Sedum sediforme (Jacq.) Pau

Sideritis leucantha Cav. subsp. *bourgeana* (Boiss. & Reut.) Alcaraz & al.

Sideritis tragoriganum Lag. subsp. *mugronensis* (Borja) Obón & Rivera (= *S. mugronensis* Borja)

Silene muscipula L.

Staehelina dubia L.

Stipa tenacissima L.

Teucrium capitatum L.

Teucrium gnaphalodes L'Hér.

Teucrium pseudochamaepitys L.

Teucrium scordium L.

Thapsia villosa L.

Thymus piperella L.

Thymus vulgaris L.

Ulex parviflorus Pourr.

A_IV.2.- DATOS DE CAMPO.

En las fichas que a continuación se exponen, siempre que haya sido posible, se han recogido los siguientes datos:

- Parcela n°: ordinal de la parcela estudiada.
- Coordenada X: cifra completa de la coordenada UTM en X, huso 30N, determinado por el GPS.
- Coordenada Y: idem de la coordenada Y.
- Localidad: término municipal donde el fuego ha quemado mayor superficie (coincide con el nombre inicial que hemos asignado al incendio).
- Sever. sens.: severidad del fuego determinada por el método de teledetección. En todos se incluye el estimado mediante *diferencia normalizada de NDVI*.
- Sev. campo: severidad del fuego estimada en campo, y determinada mediante inspección visual de sus indicadores.
- Fecha visita: día, mes y año en el que se ha realizado la observación en el terreno.
- Pendiente (°): ángulo en grados de la ladera, con respecto a la horizontal, y calculado con clinómetro.
- Orient. (°) (U/S): orientación en grados de la ladera, determinado con brújula. Se incluye la exposición clasificada según el criterio expuesto en el método. Umbría (U), solana (S).
- % Herbac.: proporción del suelo cubierto por especies herbáceas.
- % Matorral: proporción del suelo cubierto por especies leñosas, no arbóreas.
- % Arboreo: proporción del suelo cubierto por árboles.
- Total medio observado (%): proporción de suelo cubierto por vegetales (excluidos los solapes entre estratos).
- Altura media matorral (cm): altura media (en centímetros), que alcanza el matorral en la parcela.
- Altitud snm (GPS): altitud media sobre el nivel del mar, estimada con GPS.
- Observaciones: elementos relevantes encontrados en la parcela.
- Fotos: se rellenaba con el número de la fotografía que se tomaba en cada parcela. Aquí no se ha incluido por ser irrelevante este dato.
- Inventario: elenco de especies determinadas en la mayor parte de la parcela visitadas en los dos últimos años. Los táxones se ordenan por índices, y dentro de ellos, las especies arbóreas van en primer lugar, arbustivas en segundo, matas en tercero y herbáceas en último. Se incluye su abundancia (+: planta muy escasa; 1: escasa; 2: poco abundante; 3: abundante; 4: especie muy abundante).
- Vegetac. Previa: formación vegetal previsible, antes del incendio.

A_IV.2.1.- Incendio de Yeste.

PARCELA N°	8	COORD. X	554895	COORD. Y	4250725
LOCALIDAD	YESTE	SEVER. SENS	B	SEV. CAMPO.	B
FECHA VISITA	12/12/02	PENDIENTE (°)	12	ORIENT. (°) (U/S) (°) (U/S)	40 (S)
% HERBAC.	15	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	120	Altitud snm (GPS)	943
% MATORR.	35	OBSERVACIONES			
% ARBOREO	45				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	75				
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.	No se observan síntomas de erosión. (0)				
VEGETAC. PREVIA.					

PARCELA N°	9	COORD. X	554732	COORD. Y	4250699
LOCALIDAD	YESTE	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	M
FECHA VISITA	12/12/02	PENDIENTE (°) (°)	22	ORIENT. (°) (U/S)	65 (U)
% HERBAC.	10	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	982
% MATORR.	40	OBSERVACIONES			
% ARBOREO	20				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)					
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.	Remoción del horizonte superficial. Abundantes piedras sueltas. (2)				
VEGETAC. PREVIA.					

PARCELA N°	10	COORD. X	556357	COORD. Y	4253107
LOCALIDAD	YESTE	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	M
FECHA VISITA	17/01/03	PENDIENTE (°)	25°	ORIENT. (°) (U/S)	350 (U)
% HERBAC.	10	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	170	Altitud snm (GPS)	864
% MATORR.	60	OBSERVACIONES Pinar con encinas El acceso es muy complicado.			
% ARBOREO	30				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	75				
FOTOS	SI	INVENTARIO	<i>Cistus albidus</i> 1 <i>C. laurifolius</i> 1 <i>C. monspeliensis</i> 1 <i>Q. Coccifera</i> 2 <i>Q. Ilex</i> 2 <i>Rosmarinus officinalis</i> 1 <i>Thymus vulgaris</i> 1 <i>Juniperus oxicedrus</i> 1 <i>Rhamnus lycioides</i> + <i>Brachipodium retusum</i> 1 <i>Euphorbia nicaensis</i> 1 <i>Pinus halepensis</i> 1 <i>P. pinaster</i> + <i>Dorycnium pentaphyllum</i> + <i>Rubus ulmifolius</i> 1 <i>Arbutus unedo</i> 2 <i>Bupleurum sp.</i> 1		
EROSIÓN OBSERVADA	No se aprecian rasgos de erosión (0)				

PARCELA N°	12	COORD. X	557830	COORD. Y	4252629
LOCALIDAD	YESTE	SEVER. SENS	A	SEV. CAMPO.	M
FECHA VISITA	17/01/03	PENDIENTE (°)	60	ORIENT. (°) (U/S)	225 (S)
% HERBAC.	50	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm	
% MATORR.	40	OBSERVACIONES Pinar de <i>Pinus halepensis</i>			
% ARBOREO	30				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	75				
FOTOS		INVENTARIO	<i>Pinus halepensis</i> 3 <i>Rosmarinus officinalis</i> 2 <i>Quercus coccifera</i> 1 <i>Cistus monspeliensis</i> 1 <i>Pistacia lentiscus</i> 1 <i>Brachypodium retusum</i> 1 <i>Rhamnus lycioides</i> + <i>Dorycnium pentaphyllum</i> + <i>Helianthemum cinereum</i> +		
EROSIÓN OBSERVADA	Importante remoción del horizonte superficial. Pequeñas regueras \approx 5 cm. Muchas rocas descarnadas (2)				

PARCELA N°	14	COORD. X	558084	COORD. Y	4253472
LOCALIDAD	YESTE	SEVER. SENS	b	SEV. CAMPO.	B
FECHA VISITA	12/12/02	PENDIENTE (°)	35	ORIENT. (°)	10 (U)
% HERBAC.	10	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	130	Altitud snm (GPS)	866
% MATORR.	30	OBSERVACIONES			
% ARBOREO	45				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	80				
FOTOS	Si	INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.	Laminar muy ligera (1)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				
			<i>Pinus halepensis</i>	3	
			<i>Cistus monspeliensis</i>	3	
			<i>Quercus coccifera</i>	1	
			<i>Juniperus oxycedrus</i>	1	
			<i>Daphne gnidium</i>	1	
			<i>C. ladanifer</i>	1	
			<i>Pistacia lentiscus</i>	1	
			<i>Bupleurum fruticosum</i>	1	
			<i>Thymus vulgaris</i>	1	
			<i>Brachypodium retusum</i>	1	
			<i>Rubia peregrina</i>	1	
			<i>Pilosella officinarum</i>	1	
			<i>Arbutus unedo</i>	+	
			<i>Dorycnium pentaphyllum</i>	+	
			<i>Helianthemum cinereum</i>	+	
			<i>Sanguisorba minor</i>	+	

PARCELA N°	21	COORD. X	562183	COORD. Y	4256607
LOCALIDAD	YESTE	SEVER. SENS	A	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA	12/12/02	PENDIENTE (°)	40	ORIENT. (°)	310 (U)
% HERBAC.	20	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	150	Altitud snm (GPS)	
% MATORR.	50	OBSERVACIONES	Han instalado barreras de protección contra erosión, con ramas procedentes de la corta de los árboles Vegetación anterior. <i>Pinus halepensis</i>		
% ARBOREO	0				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	70				
FOTOS	Si	INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.	Importante remoción del horizonte superficial. Abundancia de piedras. Aparecen regueras de 5-10 cm de prof. (3)				
VEGETAC. PREVIA.	Vegetación anterior. <i>P. halepensis</i>				
			<i>Pinus halepensis</i>	3	
			<i>Cistus albidus</i>	2	
			<i>Ononis sp.</i>	2	
			<i>Quercus ilex ballota</i>	1	
			<i>Rosmarinus officinalis</i>	1	
			<i>Lavandula latifolia</i>	1	
			<i>Juniperus oxycedrus</i>	+	
			<i>C. ladanifer</i>	+	
			<i>C. monspeliensis</i>	+	
			<i>Cytisus reverchonii</i>	+	
			<i>Genista scorpius</i>	+	
			<i>Bupleurum fruticosum</i>	+	
			<i>Brachypodium retusum</i>	+	
			<i>Rubia peregrina</i>	+	
			<i>Stachelina dubia</i>	+	

PARCELA Nº	22	COORD. X	563832	COORD. Y	4257430
LOCALIDAD	YESTE	SEVER. SENS	B	SEV. CAMPO.	B
FECHA VISITA	12/12/02	PENDIENTE (°)	25	ORIENT. (°) (U/S)	190 (S)
% HERBAC.	90	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	
% MATORR.	25	OBSERVACIONES	La cobertura de herbáceas compuesta mayoritariamente <i>Brachypodium retusum</i> . La superposición de estratos hace q la cobertura total, supere el 100% <i>Pinus pinaster</i> y <i>P. halepensis</i> . Abundancia de <i>Juniperus oxycedrus</i> y <i>Quercus ilex ballota</i>		
% ARBOREO	40				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	100				
FOTOS	si	INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.	Laminar (1)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinus pinaster y Pinus halepensis. Abundancia de J. Oxicedrus y Q. Ilex				

PARCELA Nº	23	COORD. X	564393	COORD. Y	4257146
LOCALIDAD	YESTE	SEVER. SENS	A	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA	12/12/02	PENDIENTE (°)	12	ORIENT. (°) (U/S)	50 (U)
% HERBAC.	25	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	
% MATORR.	40	OBSERVACIONES	Abundancia de <i>Pinus halepensis</i> y de muchísimos brotes de cepa de <i>Juniperus oxycedrus</i> . También destaca la abundancia de <i>Cistus clusii</i>		
% ARBOREO	0				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	65				
FOTOS	si	INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.	Se aprecia el suelo removido. Muchas piedras pequeñas sueltas. (2)				
VEGETAC. PREVIA.					

PARCELA N°	24	COORD. X	564129	COORD. Y	4256932
LOCALIDAD	YESTE	SEVER. SENS	A	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA	12/12/02	PENDIENTE (°)	5	ORIENT. (°)	40 (U)
% HERBAC.	10	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	
% MATORR.	40	OBSERVACIONES	Buena regeneración de <i>Pinus halepensis</i> . Abundancia de <i>Cistus clusii</i> , <i>Rosmarinus officinalis</i> y <i>Brachypodium retusum</i>		
% ARBOREO	0				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	50				
FOTOS	si	INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.	Se aprecia el suelo removido. Muchas piedras pequeñas sueltas. (2)				
VEGETAC. PREVIA.	<i>Pinus halepensis</i>				

PARCELA N°	25	COORD. X	563882	COORD. Y	4256247
LOCALIDAD	YESTE	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	M
FECHA VISITA	12/12/02	PENDIENTE (°)	5	ORIENT. (°)	25(U)
% HERBAC.	10	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	
% MATORR.	50	OBSERVACIONES	Buena regeneración de <i>Pinus halepensis</i> . Abundancia de <i>Rosmarinus officinalis</i> , <i>Thymus vulgaris</i> , <i>Juniperus oxycedrus</i> , <i>Daphne gnidium</i> y <i>Genista scorpius</i>		
% ARBOREO	20				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	80				
FOTOS	7,8	INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.	No se aprecia. (0)				
VEGETAC. PREVIA.	<i>Pinus halepensis</i>				

PARCELA Nº	27	COORD. X	553060	COORD. Y	4247648
LOCALIDAD	YESTE	SEVER. SENS	A	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA	12/01/03	PENDIENTE (°)	35	ORIENT. (°) (U/S)	110 (S)
% HERBAC.	30	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	170	Altitud snm (GPS)	
% MATORR.	40-50	OBSERVACIONES	Muy buen regenerado de <i>Pinus halepensis</i> .		
% ARBOREO	0				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	75				
FOTOS		INVENTARIO	<i>Pinus halepensis</i> <i>Brachypodium retusum</i> <i>Cistus monspeliensis</i> <i>Rosmarinus officinalis</i> <i>C. clusii</i> <i>Teucrium gnaphalodes</i> <i>Q. ilex ballota</i> <i>Quercus coccifera</i> <i>Phillyrea angustifolia</i> <i>Pistacia lentiscus</i>		
EROSIÓN OBSERV.	Abundantes piedras. Reguerillas de aprox. 5 cm de profundidad. (2)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				

PARCELA Nº	28	COORD. X	552012	COORD. Y	4246964
LOCALIDAD	YESTE	SEVER. SENS	B	SEV. CAMPO.	B
FECHA VISITA	12/01/03	PENDIENTE (°)	40	ORIENT. (°) (U/S)	160 (S)
% HERBAC.	5	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	100	Altitud snm (GPS)	
% MATORR.	30	OBSERVACIONES	Vegetación muy heterogéneamente distribuida.		
% ARBOREO	30				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	50				
FOTOS		INVENTARIO	<i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Cistus albidus</i> <i>Quercus coccifera</i> <i>Thymus vulgaris</i> <i>Brachypodium retusum</i> <i>Pinus halepensis</i> <i>Juniperus oxycedrus</i> <i>Pistacia terebinthus</i> <i>Lonicera implexa</i> <i>C. clusii</i> <i>C. monspeliensis</i> <i>Helianthemum apenninum</i> <i>Stipa tenacissima</i> <i>B. phoenicoides</i> <i>Teucrium pseudochamaepitys</i>		
EROSIÓN OBSERV.	Ligera erosión laminar (1)				
VEGETAC. PREVIA.	<i>Pinus halepensis</i> y <i>P. pinaster</i>				

PARCELA N°	29	COORD. X	551902	COORD. Y	4247084
LOCALIDAD	YESTE	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	M
FECHA VISITA	12/01/03	PENDIENTE (°)	50	ORIENT. (°)	180 (S)
% HERBAC.	10	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	80	Altitud snm (GPS)	
% MATORR.	30	OBSERVACIONES	<i>Pinus halepensis</i>		
% ARBOREO	20				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	40				
FOTOS		INVENTARIO	<i>Quercus coccifera</i> 2 <i>Rosmarinus officinalis</i> 2 <i>Cistus albidus</i> 2 <i>Thymus vulgaris</i> 2 <i>Brachypodium retusum</i> 2 <i>Cistus clusii</i> 1 <i>Helianthemum apenninum</i> 1 <i>Arbutus unedo</i> + <i>Phillyrea angustifolia</i> + <i>Pistacia lentiscus</i> + <i>C. monspeliensis</i> + <i>Sedum sediforme</i> + <i>Teucrium gnaphalodes</i> +		
EROSIÓN OBSERV.	Muchas piedras. Rocas descarnadas. (2)				
VEGETAC. PREVIA.	<i>Pinus halepensis</i>				

PARCELA N°	30	COORD. X	553610	COORD. Y	4247466
LOCALIDAD	YESTE	SEVER. SENS	A	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA	12/01/03	PENDIENTE (°)	14	ORIENT. (°)	350 (U)
% HERBAC.	70	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	170	Altitud snm (GPS)	
% MATORR.	80	OBSERVACIONES	Impresionante regeneración de <i>Pinus halepensis</i> , <i>Quercus coccifera</i> y <i>Arbutus unedo</i>		
% ARBOREO	0				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	100				
FOTOS	34-35	INVENTARIO	<i>Pinus halepensis</i> 4 <i>Arbutus unedo</i> 3 <i>Brachypodium retusum</i> 3 <i>Cistus ladanifer</i> 2 <i>Phillyrea angustifolia</i> 1 <i>Erica arborea</i> 1 <i>C. albidus</i> 1 <i>C. monspeliensis</i> 1 <i>Q. ilex ballota</i> + <i>Quercus faginea</i> + <i>Lonicera implexa</i> + <i>Pistacia lentiscus</i> + <i>Rosmarinus officinalis</i> +		
EROSIÓN OBSERV.	Suelo totalmente cubierto. No se aprecia en el momento del inventario (0)				
VEGETAC. PREVIA.	<i>Pinar de Pinus halepensis</i>				

PARCELA Nº	38	COORD. X	558033	COORD. Y	4248089
LOCALIDAD	YESTE	SEVER. SENS	A	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA	12/01/03	PENDIENTE (°)	20	ORIENT. (°) (U/S)	30 (U)
% HERBAC.	20	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	80	Altitud snm (GPS)	
% MATORR.	45	OBSERVACIONES	Encinar con <i>Pinus pinaster</i> . Buena regeneración de encina, <i>Juniperus oxycedrus</i> , <i>Pinus pinaster</i> , <i>Daphne gnidium</i> , etc		
% ARBOREO	1				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	65				
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.	Laminar muy clara (1)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar con encinas		<i>Quercus ilex ballota</i> 3 <i>Juniperus oxycedrus</i> 3 <i>Helichrysum serotinum</i> 2 <i>Brachypodium retusum</i> 2 <i>B. phoenicoides</i> 2 <i>Pinus pinaster</i> 1 <i>Daphne gnidium</i> 1 <i>Cistus monspeliensis</i> 1 <i>C. clusii</i> 1 <i>Rosmarinus officinalis</i> 1 <i>Genista scorpius</i> 1 <i>Dorycnium pentaphyllum</i> 1 <i>Lavandula latifolia</i> 1 <i>Euphorbia nicaeensis</i> 1 <i>Thymus vulgaris</i> 1 <i>Atractylis humilis</i> 1 <i>Crataegus monogyna</i> +		

PARCELA Nº	39	COORD. X	558419	COORD. Y	4248146
LOCALIDAD	YESTE	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	B
FECHA VISITA	12/01/03	PENDIENTE (°)	30	ORIENT. (°) (U/S)	240 (U)
% HERBAC.	40	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	60	Altitud snm (GPS)	
% MATORR.	10	OBSERVACIONES	Pinar de <i>Pinus halepensis</i> y <i>P. pinaster</i> . Alguna regeneración de pinos, encinas		
% ARBOREO	40				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	80				
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.	Laminar ligera (1)				
VEGETAC. PREVIA.			<i>Brachypodium retusum</i> 3 <i>Quercus ilex ballota</i> 2 <i>Helichrysum serotinum</i> 2 <i>Juniperus oxycedrus</i> 2 <i>Pinus halepensis</i> 1 <i>P. pinaster</i> 1 <i>Cistus albidus</i> 1 <i>Euphorbia nicaeensis</i> 1 <i>Rosmarinus officinalis</i> + <i>C. clusii</i> + <i>Erinacea anthyllis</i> + <i>Thymus vulgaris</i> +		

PARCELA N°	50	COORD. X	550199	COORD. Y	4235748
LOCALIDAD	YESTE	SEVER. SENS	B	SEV. CAMPO.	B
FECHA VISITA	29/12/02	PENDIENTE (°)	30	ORIENT. (°) (U/S)	220 (S)
% HERBAC.	30	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	100	Altitud snm (GPS)	873
% MATORR.	40	OBSERVACIONES	Pinar de <i>Pinus halepensis</i> . Pastoreo probable		
% ARBOREO	50				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	85				
FOTOS	10-12	INVENTARIO	<i>Cistus monspeliensis</i> <i>Brachypodium retusum</i> <i>Quercus coccifera</i> <i>Halimium atriplicifolium</i> <i>Cistus albidus</i> <i>Pinus halepensis</i> <i>Genista scorpius</i> <i>Dorycnium pentaphyllum</i>		
EROSIÓN OBSERV.	Alguna erosión laminar. Pocas piedras sueltas. (1)				
VEGETAC. PREVIA.					

PARCELA N°	51	COORD. X	550137	COORD. Y	4235279
LOCALIDAD	YESTE	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	M
FECHA VISITA	29/12/02	PENDIENTE (°)	50	ORIENT. (°) (U/S)	180 (S)
% HERBAC.	20	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	
% MATORR.	40	OBSERVACIONES	Pinar de <i>Pinus halepensis</i> Se trata de una pequeña vaguada por la que circula un riachuelo permanente. Situada en la ladera sur. La norte tiene condiciones parecidas. El río tiene una PENDIENTE (°) de aproximadamente 15°		
% ARBOREO	40				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	60				
FOTOS		INVENTARIO	<i>Cistus albidus</i> <i>Quercus coccifera</i> <i>Pistacia lentiscus</i> <i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Dorycnium pentaphyllum</i> <i>Brachypodium retusum</i> <i>Sedum sediforme</i> <i>Pinus halepensis</i> <i>C. monspeliensis</i> <i>C. clusii</i> <i>C. salviifolius</i> <i>Halimium atriplicifolium</i> <i>Thymus vulgaris</i>		
EROSIÓN OBSERV.	Abundantes piedras sueltas. Suelo esquelético. (2)				
VEGETAC. PREVIA.					

PARCELA Nº	53	COORD. X	550506	COORD. Y	4235662
LOCALIDAD	YESTE	SEVER. SENS	B	SEV. CAMPO.	B
FECHA VISITA	29/12/02	PENDIENTE (°)	10	ORIENT. (°)	280 (U)
% HERBAC.	10-20	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	155	Altitud snm (GPS)	910
% MATORR.	40-50	OBSERVACIONES	Pinar de <i>Pinus halepensis</i> . En zonas con menos árboles, aparece más matorral que en las más cubiertas.		
% ARBOREO	50-60				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	80				
FOTOS	3-4	INVENTARIO	<i>Cistus ladanifer</i> 3 <i>Arbutus unedo</i> 2 <i>Quercus coccifera</i> 2 <i>Cistus albidus</i> 2 <i>Phillyrea angustifolia</i> 1 <i>Pistacia lentiscus</i> 1 <i>Brachypodium retusum</i> 1 <i>Pinus halepensis</i> + <i>Genista scorpius</i> + <i>Rosmarinus officinalis</i> + <i>Dorycnium pentaphyllum</i> +		
EROSIÓN OBSERV.	Apenas se aprecian signos (0)				
VEGETAC. PREVIA.					

PARCELA Nº	56	COORD. X	551132	COORD. Y	4235777
LOCALIDAD	YESTE	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	M
FECHA VISITA	29/12/02	PENDIENTE (°)	35	ORIENT. (°)	310 (U)
% HERBAC.	10-20	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	120	Altitud snm (GPS)	
% MATORR.	30	OBSERVACIONES	Pinar de <i>Pinus halepensis</i> Es una franja de severidad media – baja. <i>Brachypodium retusum</i> desaparece en zonas sin cobertura de pinar.		
% ARBOREO	40				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	70				
FOTOS	36-37	INVENTARIO	<i>Cistus albidus</i> 3 <i>Quercus coccifera</i> 2 <i>Brachypodium retusum</i> 2 <i>C. ladanifer</i> 1 <i>Rosmarinus officinalis</i> 1 <i>Dorycnium pentaphyllum</i> 1 <i>Pinus halepensis</i> + <i>Phillyrea angustifolia</i> + <i>Juniperus oxycedrus</i> + <i>Daphne gnidium</i> + <i>C. laurifolius</i> + <i>Genista scorpius</i> + <i>Fumana ericoides</i> + <i>Thymus vulgaris</i> + <i>Sedum sediforme</i> +		
EROSIÓN OBSERV.	Horizonte superficial removido. Pocas piedras. Pequeños reguerillos de <5 cm de profundidad (2)				
VEGETAC. PREVIA.					

PARCELA N°	63	COORD. X	558394	COORD. Y	4252856
LOCALIDAD	YESTE	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	M
FECHA VISITA	29/12/02	PENDIENTE (°)	40	ORIENT. (°) (U/S)	230 (S)
% HERBAC.	5	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	70	Altitud snm (GPS)	
% MATORR.	20	OBSERVACIONES	Pinar de <i>Pinus halepensis</i> La regeneración de <i>P. halepensis</i> es mucho mayor donde escasea la cobertura de los pinos adultos		
% ARBOREO	30				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	50				
FOTOS	25-26	INVENTARIO	<i>Rosmarinus officinalis</i> 2 <i>Cistus clusii</i> 2 <i>Brachypodium retusum</i> 1 <i>Bituminaria bituminosa</i> 1 <i>Pinus halepensis</i> + <i>Thymus vulgaris</i> 1 <i>Pistacia terebinthus</i> + <i>Juniperus oxycedrus</i> +		
EROSIÓN OBSERV.	Muchas piedras, síntoma de pérdida del horizonte superficial. (2)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				

PARCELA N°	64	COORD. X	558757	COORD. Y	4252607
LOCALIDAD	YESTE	SEVER. SENS	B	SEV. CAMPO.	B
FECHA VISITA	29/12/02	PENDIENTE (°)	25	ORIENT. (°) (U/S)	180 (S)
% HERBAC.	5	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	70	Altitud snm (GPS)	
% MATORR.	30	OBSERVACIONES			
% ARBOREO	30				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	60				
FOTOS	27-28	INVENTARIO	<i>Rosmarinus officinalis</i> 2 <i>Thymus vulgaris</i> 2 <i>Brachypodium retusum</i> 1 <i>Pinus halepensis</i> + <i>Pistacia terebinthus</i> + <i>Cistus monspeliensis</i> + <i>C. clusii</i> +		
EROSIÓN OBSERV.	Suelo pedregoso. Poco profundo. Pero no parece producto de la erosión post incendio. (1)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				

PARCELA Nº	65	COORD. X	559421	COORD. Y	4252994
LOCALIDAD	YESTE	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	B
FECHA VISITA	12/01/03	PENDIENTE (°)	30	ORIENT. (°)	210 (S)
% HERBAC.	25	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	70	Altitud snm (GPS)	
% MATORR.	30	OBSERVACIONES			
% ARBOREO	60				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	75				
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.	Restos de erosión laminar (1)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de Pinus halepensis				
			Brachypodium retusum	3	
			Rosmarinus officinalis	2	
			Juniperus oxycedrus	1	
			Cistus clusii	1	
			Genista scorpius	1	
			Pinus halepensis	+	
			Pistacia terebinthus	+	
			Lavandula latifolia	+	
			Salvia lavandulifolia	+	
			Thymus vulgaris	+	

PARCELA Nº	66	COORD. X	559069	COORD. Y	4252730
LOCALIDAD	YESTE	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	M
FECHA VISITA	13/01/03	PENDIENTE (°)	8	ORIENT. (°)	180 (S)
% HERBAC.	10	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	80	Altitud snm (GPS)	
% MATORR.	50	OBSERVACIONES			
% ARBOREO	50				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	80				
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.	Laminar ligera (1)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de Pinus halepensis				
			<i>Cistus albidus</i>	2	
			<i>Quercus coccifera</i>	1	
			<i>Pistacia lentiscus</i>	1	
			<i>Rosmarinus officinalis</i>	1	
			<i>Brachypodium retusum</i>	1	
			<i>Dorycnium pentaphyllum</i>	1	
			<i>Sedum sediforme</i>	1	
			<i>Pinus halepensis</i>	+	
			<i>C. monspeliensis</i>	+	
			<i>C. clusii</i>	+	
			<i>C. salviifolius</i>	+	
			<i>Halimium atriplicifolium</i>	+	
			<i>Thymus vulgaris</i>	+	

PARCELA N°	67	COORD. X	556133	COORD. Y	4253234
LOCALIDAD	YESTE	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	B
FECHA VISITA	13/01/03	PENDIENTE (°)	16	ORIENT. (°)	70 (U)
% HERBAC.	10	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	
% MATORR.	40	OBSERVACIONES			
% ARBOREO	40				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	70				
FOTOS		INVENTARIO	<i>Cistus monspeliensis</i> <i>Quercus ilex ballota</i> <i>Pinus pinaster</i> <i>Arbutus unedo</i> <i>Daphne gnidium</i> <i>C. ladanifer</i> <i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Dorycnium pentaphyllum</i> <i>Brachypodium retusum</i>		
EROSIÓN OBSERV.	Laminar mínima (1)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus pinaster</i>				

PARCELA N°	68	COORD. X	556217	COORD. Y	4253295
LOCALIDAD	YESTE	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	M
FECHA VISITA	13/01/03	PENDIENTE (°)	30	ORIENT. (°)	180 (S)
% HERBAC.	5	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	70	Altitud snm (GPS)	
% MATORR.	55	OBSERVACIONES			
% ARBOREO	0				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	40				
FOTOS		INVENTARIO	<i>Quercus coccifera</i> <i>Cistus monspeliensis</i> <i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Pistacia terebinthus</i> <i>Genista scorpius</i> <i>Thymus vulgaris</i> <i>Helianthemum cinereum</i> <i>Q. ilex ballota</i> <i>Bupleurum rigidum</i>		
EROSIÓN OBSERV.	Dañado el horizonte superficial. Muchas piedras (2)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus pinaster</i>				

PARCELA N°	69	COORD. X	551005	COORD. Y	4235738
LOCALIDAD	YESTE	SEVER. SENS	A	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA	29/12/02	PENDIENTE (°)	35	ORIENT. (°) (U/S)	290 (U)
% HERBAC.	10	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	100	Altitud snm (GPS)	1050
% MATORR.	40	OBSERVACIONES			
% ARBOREO	0				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	45				
FOTOS		INVENTARIO	<i>Cistus albidus</i> <i>Quercus coccifera</i> <i>Pinus halepensis (regener.)</i> <i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Brachypodium retusum</i> <i>Arbutus unedo</i> <i>Juniperus oxycedrus</i> <i>Cistus ladanifer</i> <i>Genista scorpius</i> <i>C. clusii</i>		
EROSIÓN OBSERV.	Dañado el horizonte superficial. Muchas piedras (2)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				

PARCELA N°	70	COORD. X	550431	COORD. Y	4235427
LOCALIDAD	YESTE	SEVER. SENS	A	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA	13/01/03	PENDIENTE (°)	15	ORIENT. (°) (U/S)	210 (S)
% HERBAC.	20	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	150	Altitud snm (GPS)	935
% MATORR.	30	OBSERVACIONES	Se encuentran muestras de pastoreo		
% ARBOREO	0				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	40				
FOTOS		INVENTARIO	<i>Cistus ladanifer</i> <i>C. albidus</i> <i>Halimium atriplicifolium</i> <i>Pinus halepensis (regener.)</i> <i>Quercus coccifera</i> <i>C. salviifolius</i> <i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Brachypodium retusum</i> <i>Phillyrea angustifolia</i> <i>Pistacia lentiscus</i> <i>Dorycnium pentaphyllum</i>		
EROSIÓN OBSERV.	Importante remoción del horizonte superior. Abundantes piedras sueltas (2)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				

PARCELA N°	71	COORD. X	550116	COORD. Y	4235755
LOCALIDAD	YESTE	SEVER. SENS	B	SEV. CAMPO.	B
FECHA VISITA	13/01/03	PENDIENTE (°)	14	ORIENT. (°) (U/S)	235 (S)
% HERBAC.	10	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	60	Altitud snm (GPS)	892
% MATORR.	25	OBSERVACIONES	Algún vestigio de pastoreo		
% ARBOREO	45				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	65				
FOTOS		INVENTARIO	<i>Cistus albidus</i> <i>C. monspeliensis</i> <i>Halimium atriplicifolium</i> <i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Dorycnium pentaphyllum</i> <i>Brachypodium retusum</i> <i>Pinus halepensis</i> (regener.) <i>Daphne gnidium</i> <i>Pistacia lentiscus</i> <i>C. clusii</i>		
EROSIÓN OBSERV.	No se aprecia (0)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				

PARCELA N°	72	COORD. X	550362	COORD. Y	4234210
LOCALIDAD	YESTE	SEVER. SENS	A	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA	13/01/03	PENDIENTE (°)	40	ORIENT. (°) (U/S)	250 (S)
% HERBAC.	30	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	70	Altitud snm (GPS)	1050
% MATORR.	40	OBSERVACIONES			
% ARBOREO	0				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	45				
FOTOS		INVENTARIO	<i>Quercus coccifera</i> <i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Brachypodium retusum</i> <i>Pinus halepensis</i> (regener.) <i>Juniperus oxycedrus</i> <i>Cistus monspeliensis</i> <i>Cistus albidus</i> <i>Halimium atriplicifolium</i> <i>Genista scorpius</i> <i>Dorycnium pentaphyllum</i> <i>Lavandula latifolia</i>		
EROSIÓN OBSERV.	Muy importante, con raíces muy descubiertas. En algunos tocones, importantes peanas de erosión. (3)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				

PARCELA N°	73	COORD. X	560522	COORD. Y	4251209
LOCALIDAD	YESTE	SEVER. SENS	A	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA	13/01/03	PENDIENTE (°)	25	ORIENT. (°) (U/S)	320 (U)
% HERBAC.	10	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	70	Altitud snm (GPS)	891
% MATORR.	55	OBSERVACIONES Limita con zona no quemada			
% ARBOREO	0				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	55				
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.	Horizonte superficial bastante afectado. Se observan muchas piedras sueltas. (2)		<i>Genista scorpius</i>	3	
			<i>Rosmarinus officinalis</i>	2	
			<i>Juniperus oxycedrus</i>	1	
			<i>Pinus halepensis (regener.)</i>	+	
			<i>Cistus monspeliensis</i>	+	
			<i>Thymus vulgaris</i>	+	
			<i>Brachypodium retusum</i>	+	
VEGETAC. PREVIA.	Pinar mezcla de <i>Pinus halepensis</i> y <i>P. pinaster</i>				

PARCELA N°	74	COORD. X	551992	COORD. Y	4247127
LOCALIDAD	YESTE	SEVER. SENS	A	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA	17/01/03	PENDIENTE (°)	50	ORIENT. (°) (U/S)	150 (S)
% HERBAC.	5	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	
% MATORR.	55	OBSERVACIONES			
% ARBOREO	0				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	55				
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.	Perdida grave del horizonte superficial. Raíces fuertemente descarnadas. Aparecen peanas erosivas >5 cm. (3)				
VEGETAC. PREVIA.					

A_IV.2.2.- Incendio de Almansa.

PARCELA N°	1	COORD. X	678198	COORD. Y	4304136
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	M
FECHA VISITA	13/05/2001	PENDIENTE (°)	25	ORIENT. (°) (U/S)	130 (S)
% HERBAC.		ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	705
% MATORR.		OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)					
FOTOS					
EROSIÓN OBSERV.		INVENTARIO			
VEGETAC. PREVIA.					

PARCELA N°	2	COORD. X	678181	COORD. Y	4304249
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	B
FECHA VISITA	13/05/2001	PENDIENTE (°)	9	ORIENT. (°) (U/S)	80
% HERBAC.		ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	730
% MATORR.		OBSERVACIONES S			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)					
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.					
VEGETAC. PREVIA.					

PARCELA Nº	3	COORD. X	676091	COORD. Y	4307701
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	B
FECHA VISITA	13/05/2001	PENDIENTE (°)	7	ORIENT. (°) (U/S)	210 (S)
% HERBAC.		ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	950
% MATORR.		OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)					
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.					
VEGETAC. PREVIA.					

PARCELA Nº	4	COORD. X	676099	COORD. Y	4307617
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	B
FECHA VISITA	13/05/2001	PENDIENTE (°)	12	ORIENT. (°) (U/S)	250 (S)
% HERBAC.		ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	951
% MATORR.		OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)					
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.					
VEGETAC. PREVIA.					

PARCELA Nº	5	COORD. X	676113	COORD. Y	4307569
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	M
FECHA VISITA	13/05/2001	PENDIENTE (°)	20	ORIENT. (°) (U/S)	190 (S)
% HERBAC.		ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	940
% MATORR.		OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)					
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.					
VEGETAC. PREVIA.					

PARCELA N°	6	COORD. X	676083	COORD. Y	4307421
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	B	SEV. CAMPO.	B
FECHA VISITA	13/05/2001	PENDIENTE (°)	20	ORIENT. (°)	80 (U)
% HERBAC.		ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	912
% MATORR.		OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)					
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.					
VEGETAC. PREVIA.					

PARCELA N°	7	COORD. X	676133	COORD. Y	4307332
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA	14/05/2001	PENDIENTE (°)	15	ORIENT. (°)	100 (S)
% HERBAC.		ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	902
% MATORR.		OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)					
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.					
VEGETAC. PREVIA.					

PARCELA N°	8	COORD. X	676192	COORD. Y	4307330
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	B	SEV. CAMPO.	B
FECHA VISITA	14/05/2001	PENDIENTE (°)	11	ORIENT. (°)	140 (S)
% HERBAC.		ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	887
% MATORR.		OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)					
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.					

VEGETAC. PREVIA.					
PARCELA N°	9	COORD. X	676230	COORD. Y	4307275
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	M
FECHA VISITA	14/05/2001	PENDIENTE (°)	12	ORIENT. (°) (U/S)	275 (U)
% HERBAC.		ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	868
% MATORR.		OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)					
FOTOS					
EROSIÓN OBSERV.		INVENTARIO			
VEGETAC. PREVIA.					

PARCELA Nº	10	COORD. X	676200	COORD. Y	4307246
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	M
FECHA VISITA	14/05/2001	PENDIENTE (°)	3	ORIENT. (°) (U/S)	250
% HERBAC.		ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	878
% MATORR.		OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)					
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.					
VEGETAC. PREVIA.					

PARCELA Nº	11	COORD. X	676139	COORD. Y	4307444
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	B	SEV. CAMPO.	B
FECHA VISITA	14/05/2001	PENDIENTE (°)	10	ORIENT. (°) (U/S)	160 (S)
% HERBAC.		ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	892
% MATORR.		OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)					
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.					
VEGETAC. PREVIA.					

PARCELA Nº	12	COORD. X	675212	COORD. Y	4307173
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	B	SEV. CAMPO.	B
FECHA VISITA	14/05/2001	PENDIENTE (°)	20	ORIENT. (°) (U/S)	320 (U)
% HERBAC.		ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	922
% MATORR.		OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)					
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.					
VEGETAC. PREVIA.					

PARCELA N°	13	COORD. X	675269	COORD. Y	4307167
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	M
FECHA VISITA	14/05/2001	PENDIENTE (°)	18	ORIENT. (°)	330 (U)
% HERBAC.		ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	931
% MATORR.		OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)					
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.					
VEGETAC. PREVIA.					

PARCELA N°	14	COORD. X	675371	COORD. Y	4307178
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	B	SEV. CAMPO.	B
FECHA VISITA	14/05/2001	PENDIENTE (°)	10	ORIENT. (°)	290 (U)
% HERBAC.		ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	950
% MATORR.		OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)					
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.					
VEGETAC. PREVIA.					

PARCELA N°	15	COORD. X	675384	COORD. Y	4307266
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	M
FECHA VISITA	15/05/2001	PENDIENTE (°)	8	ORIENT. (°)	290 (U)
% HERBAC.		ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	965
% MATORR.		OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)					
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.					
VEGETAC. PREVIA.					

PARCELA N°	16	COORD. X	675118	COORD. Y	4307180
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	No quemado	SEV. CAMPO.	B
FECHA VISITA	15/05/2001	PENDIENTE (°)	0	ORIENT. (°) (U/S)	290 (U)
% HERBAC.		ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	910
% MATORR.		OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)					
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.					
VEGETAC. PREVIA.					

PARCELA N°	17	COORD. X	675047	COORD. Y	4307206
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	B	SEV. CAMPO.	B
FECHA VISITA	15/05/2001	PENDIENTE (°)	3	ORIENT. (°) (U/S)	15 (U)
% HERBAC.		ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	911
% MATORR.		OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)					
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.					
VEGETAC. PREVIA.					

PARCELA N°	18	COORD. X	675014	COORD. Y	4307273
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	M
FECHA VISITA	15/05/2001	PENDIENTE (°)	12	ORIENT. (°) (U/S)	170 (S)
% HERBAC.		ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	907
% MATORR.		OBSERVACIONES	La regeneración principal es de romero, coscoja y enebro.		
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)					
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.					
VEGETAC. PREVIA.					

PARCELA N°	19	COORD. X	674649	COORD. Y	4307526
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	M
FECHA VISITA	15/05/2001	PENDIENTE (°)	17	ORIENT. (°)	321 (U)
% HERBAC.		ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	925
% MATORR.		OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)					
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.					
VEGETAC. PREVIA.					

PARCELA N°	20	COORD. X	674651	COORD. Y	4307581
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	B	SEV. CAMPO.	B
FECHA VISITA	15/05/2001	PENDIENTE (°)	17	ORIENT. (°)	320 (U)
% HERBAC.		ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	920
% MATORR.		OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)					
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.					
VEGETAC. PREVIA.					

PARCELA N°	21	COORD. X	674610	COORD. Y	4307618
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	M
FECHA VISITA	15/05/2001	PENDIENTE (°)	12	ORIENT. (°)	145 (S)
% HERBAC.		ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	915
% MATORR.		OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)					
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.					
VEGETAC. PREVIA.					

PARCELA N°	22	COORD. X	674562	COORD. Y	4307673
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	M
FECHA VISITA	15/05/2001	PENDIENTE (°)	15	ORIENT. (°) (U/S)	130 (S)
% HERBAC.		ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	932
% MATORR.		OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)					
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.					
VEGETAC. PREVIA.					

PARCELA N°	23	COORD. X	674498	COORD. Y	4307726
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	M
FECHA VISITA	15/05/2001	PENDIENTE (°)	7	ORIENT. (°) (U/S)	185 (S)
% HERBAC.		ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	951
% MATORR.		OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)					
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.					
VEGETAC. PREVIA.					

PARCELA N°	24	COORD. X	677542	COORD. Y	4306815
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	A	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA	16/05/2001	PENDIENTE (°)	11	ORIENT. (°) (U/S)	100 (S)
% HERBAC.		ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	842
% MATORR.		OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)					
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.					
VEGETAC. PREVIA.					

PARCELA Nº	25	COORD. X	676229	COORD. Y	4305849
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	A	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA	16/05/2001	PENDIENTE (°)	17	ORIENT. (°)	55 (U)
% HERBAC.		ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	830
% MATORR.		OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)					
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.					
VEGETAC. PREVIA.					

PARCELA Nº	26	COORD. X	675956	COORD. Y	4305659
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	M
FECHA VISITA	16/05/2001	PENDIENTE (°)	10	ORIENT. (°)	250 (S)
% HERBAC.		ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	844
% MATORR.		OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)					
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.					
VEGETAC. PREVIA.					

PARCELA Nº	27	COORD. X	675884	COORD. Y	4305692
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	A	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA	16/05/2001	PENDIENTE (°)	13	ORIENT. (°)	120 (S)
% HERBAC.		ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	850
% MATORR.		OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)					
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.					
VEGETAC. PREVIA.					

PARCELA N°	28	COORD. X	675810	COORD. Y	4305743
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	A	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA	16/05/2001	PENDIENTE (°)	12	ORIENT. (°) (U/S)	140 (S)
% HERBAC.		ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	872
% MATORR.		OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)					
FOTOS					
EROSIÓN OBSERV.		INVENTARIO			
VEGETAC. PREVIA.					

PARCELA N°	29	COORD. X	675673	COORD. Y	4305894
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	A	SEV. CAMPO.	M
FECHA VISITA	16/05/2001	PENDIENTE (°)	9	ORIENT. (°) (U/S)	220 (S)
% HERBAC.		ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	897
% MATORR.		OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)					
FOTOS					
EROSIÓN OBSERV.		INVENTARIO			
VEGETAC. PREVIA.					

PARCELA N°	30	COORD. X	675547	COORD. Y	4305862
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	M
FECHA VISITA	16/05/2001	PENDIENTE (°)	17	ORIENT. (°) (U/S)	225 (S)
% HERBAC.		ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	864
% MATORR.		OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)					
FOTOS					
EROSIÓN OBSERV.		INVENTARIO			
VEGETAC. PREVIA.					

PARCELA Nº	31	COORD. X	675598	COORD. Y	4305698
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	M
FECHA VISITA	17/05/2001	PENDIENTE (°)	5	ORIENT. (°) (U/S)	135 (S)
% HERBAC.		ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	850
% MATORR.		OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)					
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.					
VEGETAC. PREVIA.					

PARCELA Nº	32	COORD. X	675655	COORD. Y	4305546
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	B	SEV. CAMPO.	M
FECHA VISITA	17/05/2001	PENDIENTE (°)	8	ORIENT. (°) (U/S)	165 (S)
% HERBAC.		ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	
% MATORR.		OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)					
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.					
VEGETAC. PREVIA.					

PARCELA Nº	33	COORD. X	675944	COORD. Y	4307560
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	B
FECHA VISITA	17/05/2001	PENDIENTE (°)	7	ORIENT. (°) (U/S)	240 (S)
% HERBAC.		ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	922
% MATORR.		OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)					
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.					
VEGETAC. PREVIA.					

PARCELA N°	34	COORD. X	676016	COORD. Y	4307517
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	B	SEV. CAMPO.	B
FECHA VISITA	17/05/2001	PENDIENTE (°)	6	ORIENT. (°)	210 (S)
% HERBAC.		ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	940
% MATORR.		OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)					
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.					
VEGETAC. PREVIA.					

PARCELA N°	35	COORD. X	676000	COORD. Y	4307456
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	B
FECHA VISITA	17/05/2001	PENDIENTE (°)	2	ORIENT. (°)	140 (S)
% HERBAC.		ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	925
% MATORR.		OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)					
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.					
VEGETAC. PREVIA.					

PARCELA N°	36	COORD. X	675997	COORD. Y	4307369
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	M
FECHA VISITA	17/05/2001	PENDIENTE (°)	2	ORIENT. (°)	190 (S)
% HERBAC.		ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	925
% MATORR.		OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)					
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.					
VEGETAC. PREVIA.					

PARCELA N°	37	COORD. X	676087	COORD. Y	4307327
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	A	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA	18/05/2001	PENDIENTE (°)	17	ORIENT. (°)	100 (S)
% HERBAC.		ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	915
% MATORR.		OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)					
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.					
VEGETAC. PREVIA.					

PARCELA N°	38	COORD. X	676029	COORD. Y	4307290
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	M
FECHA VISITA	18/05/2001	PENDIENTE (°)	10	ORIENT. (°)	130 (S)
% HERBAC.		ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	920
% MATORR.		OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)					
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.					
VEGETAC. PREVIA.					

PARCELA N°	39	COORD. X	675925	COORD. Y	4307358
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	A	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA	18/05/2001	PENDIENTE (°)	4	ORIENT. (°)	250 (S)
% HERBAC.		ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	925
% MATORR.		OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)					
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.					
VEGETAC. PREVIA.					

PARCELA N°	40	COORD. X	675842	COORD. Y	4307486
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	A	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA	18/05/2001	PENDIENTE (°)	15	ORIENT. (°)	130 (S)
% HERBAC.		ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	921
% MATORR.		OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)					
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.					
VEGETAC. PREVIA.					

PARCELA N°	41	COORD. X	675355	COORD. Y	4307145
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	B	SEV. CAMPO.	M
FECHA VISITA	18/05/2001	PENDIENTE (°)	8	ORIENT. (°)	320 (U)
% HERBAC.		ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	950
% MATORR.		OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)					
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.					
VEGETAC. PREVIA.					

PARCELA N°		42	COORD. X	678565	COORD. Y	4303517
LOCALIDAD		ALMANSA	SEVER. SENS	A	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA		14/06/2003	PENDIENTE (°)	25	ORIENT. (°)	255 (S)
% HERBAC.		35	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	80	Altitud snm (GPS)	
% MATORR.		30	OBSERVACIONES			
% ARBOREO		8				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)		60				
FOTOS			INVENTARIO	<i>Sedum sediforme</i>		2
EROSIÓN OBSERV.	Daños importantes en horizonte superficial. Pequeños regueros mayores a 5 cm de profundidad (3)			<i>Brachypodium retusum</i>		2
				<i>Pinus halepensis</i>		1
				<i>Quercus coccifera</i>		1
				<i>Pistacia lentiscus</i>		1
				<i>Teucrium pseudochamaepitys</i>		1
				<i>Stipa tenacissima</i>		1
				<i>Bituminaria bituminosa</i>		1
				<i>Bombycilaena erecta</i>		1
				<i>Phillyrea angustifolia</i>		+
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de Pinus halepensis		<i>Juniperus oxycedrus</i>		+	
			<i>Rosmarinus officinalis</i>		+	
			<i>Rhamnus lycioides</i>		+	
			<i>Cistus clusii</i>		+	
			<i>Helianthemum cinereum</i>		+	
			<i>H. apenninum</i>		+	
			<i>Koeleria vallesiana</i>		+	
			<i>Atractylis humilis</i>		+	
			<i>Helictotrichon filifolium</i>		+	
			<i>T. capitatum</i>		+	
		<i>Thapsia villosa</i>		+		
		<i>Convolvulus lanuginosus</i>		+		

PARCELA N°	43	COORD. X	678312	COORD. Y	4303335
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	A	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA	14/06/2003	PENDIENTE (°)	35	ORIENT. (°) (U/S)	0 (U)
% HERBAC.	20	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	70	Altitud snm (GPS)	720
% MATORR.	50	OBSERVACIONES	Buena regeneración del matorral, aunque concentrada. Masa bastante joven de <i>Pinus halepensis</i> aunque se observan tocones de Ø= 28-30 cm		
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	60				
FOTOS		INVENTARIO	<i>Quercus coccifera</i> 2 <i>Bupleurum rigidum</i> 2 <i>Brachypodium retusum</i> 2 <i>Pinus halepensis</i> 1 <i>Juniperus oxycedrus</i> 1 <i>Pistacia terebinthus</i> 1 <i>Rhamnus alaternus</i> 1 <i>Lonicera implexa</i> 1 <i>Erica multiflora</i> 1 <i>Genista scorpius</i> 1 <i>Phillyrea angustifolia</i> + <i>Pistacia lentiscus</i> + <i>Daphne gnidium</i> + <i>Rosmarinus officinalis</i> + <i>Cistus clusii</i> + <i>Dorycnium pentaphyllum</i> + <i>Helianthemum cinereum</i> + <i>Rubia peregrina</i> + <i>Teucrium gnaphalodes</i> + <i>Euphorbia nicaensis</i> + <i>E. serrata</i> +		
EROSIÓN OBSERV.	Importantes peanas sobre arbustos y tocones. Raíces descubiertas. Canales y regueras visibles. Horizonte superficial muy removido. (3)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				

PARCELA N°	44	COORD. X	678636	COORD. Y	4304321
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	A	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA	14/06/2003	PENDIENTE (°)	12	ORIENT. (°)	320 (U)
% HERBAC.	20	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	45	Altitud snm (GPS)	767
% MATORR.	30-40	OBSERVACIONES	Aparecen bastantes espacios sin vegetación, concentrándose en macollas		
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	55				
FOTOS		INVENTARIO	<i>Pinus halepensis</i> 2 <i>Quercus coccifera</i> 2 <i>Rosmarinus officinalis</i> 2 <i>Genista pumila pumila</i> 2 <i>Brachypodium retusum</i> 2 <i>Juniperus oxycedrus</i> 1 <i>Rhamnus alaternus</i> 1 <i>Helianthemum apenninum</i> 1 <i>H. syriacum</i> 1 <i>Fumana ericoides</i> 1 <i>Dorycnium pentaphyllum</i> + <i>Convolvulus lanuginosus</i> + <i>H. cinereum</i> + <i>Bituminaria bituminosa</i> +		
EROSIÓN OBSERV.	Horizonte superficial muy removido. Abundantes piedras sueltas				
VEGETAC. PREVIA.	<i>Pinus halepensis</i>				

PARCELA N°	45	COORD. X	679387	COORD. Y	4304192
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	A	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA	14/06/2003	PENDIENTE (°)	3	ORIENT. (°)	85 (U)
% HERBAC.	15	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	40	Altitud snm (GPS)	793
% MATORR.	40-50	OBSERVACIONES	Vestigios de resinación. Tocones de Ø=40-50 cm. Se encuentra a unos 400 m del límite del fuego		
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	60				
FOTOS		INVENTARIO	<i>Pinus halepensis</i> 2 <i>Brachypodium retusum</i> 2 <i>Quercus coccifera</i> 1 <i>Juniperus oxycedrus</i> 1 <i>Rosmarinus officinalis</i> 1 <i>Helianthemum cinereum</i> 1 <i>Rhamnus lycioides</i> + <i>Atractylis humilis</i> + <i>Sedum sediforme</i> + <i>Fumana ericoides</i> + <i>Leuzea conifera</i> +		
EROSIÓN OBSERV.	Erosión laminar ligera. (1)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				

PARCELA N°	46	COORD. X	678906	COORD. Y	4304111
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	A	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA	14/06/2003	PENDIENTE (°)	8	ORIENT. (°) (U/S)	290 (U)
% HERBAC.	15-20	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	50	Altitud snm (GPS)	827
% MATORR.	30-35	OBSERVACIONES	La vegetación está concentrada dejando muchos espacios desprotegidos. Tocones de Ø=50 cm		
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	40-50				
FOTOS		INVENTARIO	<i>Pinus halepensis</i> 2 <i>Quercus coccifera</i> 2 <i>Genista pumila pumila</i> 2 <i>Brachypodium retusum</i> 2 <i>Rhamnus alaternus</i> 1 <i>Rosmarinus officinalis</i> 1 <i>Fumana ericifolia</i> 1 <i>Juniperus oxycedrus</i> + <i>Dorycnium pentaphyllum</i> + <i>Helianthemum cinereum</i> + <i>Helictotrichon filifolium</i> + <i>Atractylis humilis</i> + <i>Teucrium pseudochamaepitys</i> + <i>Koeleria vallesiana</i> + <i>Haplophyllum linifolium</i> + <i>Bombycilaena erecta</i> +		
EROSIÓN OBSERV.	Marcas de erosión laminar (1)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				

PARCELA N°	47	COORD. X	678990	COORD. Y	4304170
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	A	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA	15/06/2003	PENDIENTE (°)	7	ORIENT. (°) (U/S)	45 (U)
% HERBAC.	40	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	
% MATORR.	10	OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	50				
FOTOS		INVENTARIO	<i>Rosmarinus officinalis</i> 2 <i>Genista pumila pumila</i> 2 <i>Helianthemum syriacum</i> 2 <i>Brachypodium retusum</i> 2 <i>Pinus halepensis</i> 1 <i>Dorycnium pentaphyllum</i> 1 <i>Fumana ericoides</i> 1 <i>G. scorpius</i> + <i>Teucrium capitatum</i> + <i>Helianthemum cinereum</i> +		
EROSIÓN OBSERV.	Laminar escasa (1)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				

PARCELA Nº	48	COORD. X	678819	COORD. Y	4304314
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	A	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA	15/06/2003	PENDIENTE (°)	16	ORIENT. (°)	330 (U)
% HERBAC.	25	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	70	Altitud snm (GPS)	830
% MATORR.	40	OBSERVACIONES	Cobertura vegetal bastante uniformemente repartida		
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	50				
FOTOS		INVENTARIO	<i>Quercus coccifera</i> 3 <i>Rosmarinus officinalis</i> 2 <i>Genista pumila pumila</i> 2 <i>Brachypodium retusum</i> 2 <i>Pinus halepensis</i> 1 <i>Dorycnium pentaphyllum</i> 1 <i>Helianthemum cinereum</i> 1 <i>Daphne gnidium</i> + <i>Atractylis humilis</i> + <i>Teucrium scordium</i> + <i>Reseda sp.</i> +		
EROSIÓN OBSERV.	Remoción del horizonte superficial. (1)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				

PARCELA Nº	49	COORD. X	679166	COORD. Y	4304563
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	A	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA	15/06/2003	PENDIENTE (°)	7	ORIENT. (°)	230 (S)
% HERBAC.	30	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	60	Altitud snm (GPS)	791
% MATORR.	25	OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	50				
FOTOS		INVENTARIO	<i>Genista scorpius</i> 2 <i>Rosmarinus officinalis</i> 2 <i>Brachypodium retusum</i> 2 <i>Pinus halepensis</i> 1 <i>Quercus coccifera</i> 1 <i>Juniperus oxycedrus</i> 1 <i>G. pumila pumila</i> 1 <i>Cistus clusii</i> 1 <i>Helianthemum cinereum</i> 1 <i>Fumana ericifolia</i> + <i>Stipa tenacissima</i> + <i>Thymus vulgaris</i> + <i>Asphodelus albus</i> + <i>Coris monspeliensis</i> + <i>Sedum sediforme</i> + <i>Euphorbia serrata</i> + <i>Bombycilaena erecta</i> +		
EROSIÓN OBSERV.	Remoción del horizonte superficial. Abundantes piedras (2)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				

PARCELA N°	50	COORD. X	679659	COORD. Y	4304970
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	No quemado	SEV. CAMPO.	No quemado
FECHA VISITA	15/06/2003	PENDIENTE (°)	7	ORIENT. (°) (U/S)	60 (U)
% HERBAC.	50	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	100	Altitud snm (GPS)	820
% MATORR.	35	OBSERVACIONES	Zona no quemada		
% ARBOREO	60				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	90-100				
FOTOS		INVENTARIO	<i>Pinus halepensis</i> 3 <i>Brachypodium retusum</i> 3 <i>Quercus coccifera</i> 2 <i>Juniperus oxycedrus</i> 2 <i>Rosmarinus officinalis</i> 1 <i>Cistus clusii</i> 1 <i>Rhamnus alaternus</i> + <i>Pistacia lentiscus</i> + <i>Erica multiflora</i> + <i>Helianthemum cinereum</i> + <i>Thymus vulgaris</i> + <i>Helichrysum serotinum</i> + <i>Teucrium pseudochamaepitys</i> + <i>Avenula bromoides</i> +		
EROSIÓN OBSERV.	No se aprecia (0)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				

PARCELA N°	51	COORD. X	678052	COORD. Y	4306147
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	A	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA	15/06/2003	PENDIENTE (°)	25	ORIENT. (°)	120 (S)
% HERBAC.	10	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	60	Altitud snm (GPS)	843
% MATORR.	30	OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	35				
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.	Horizonte superficial muy removido. Abundantes piedras y rastros d desplazamiento (2)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				
			<i>Rosmarinus officinalis</i>	2	
			<i>Genista pumila pumila</i>	2	
			<i>Brachypodium retusum</i>	2	
			<i>Coris monspeliensis</i>	2	
			<i>Pinus halepensis</i>	1	
			<i>Juniperus oxycedrus</i>	1	
			<i>G. scorpius</i>	1	
			<i>Dorycnium pentaphyllum</i>	1	
			<i>Helianthemum cinereum</i>	1	
			<i>Helianthemum apenninum</i>	1	
			<i>Teucrium pseudochamaepitys</i>	1	
			<i>Pistacia lentiscus</i>	+	
			<i>Daphne gnidium</i>	+	
			<i>Stipa tenacissima</i>	+	
			<i>Atractylis humilis</i>	+	
			<i>Bupleurum rigidum</i>	+	
			<i>Convolvulus lanuginosus</i>	+	
			<i>Helictotrichon filifolium</i>	+	

PARCELA N°	52	COORD. X	678382	COORD. Y	4305976
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	B	SEV. CAMPO.	B
FECHA VISITA	15/06/2003	PENDIENTE (°)	5	ORIENT. (°)	150 (S)
% HERBAC.	40	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	55	Altitud snm (GPS)	790
% MATORR.	30	OBSERVACIONES	Los pinos están quemado en su base, afectando solo ligeramente a la copa. Altitud máxima de síntomas de quemado: 3 m.		
% ARBOREO	30				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	75				
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.	No se observa (0)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				
			<i>Pinus halepensis</i>	3	
			<i>Brachypodium retusum</i>	3	
			<i>Quercus coccifera</i>	2	
			<i>Juniperus oxycedrus</i>	1	
			<i>Cistus clusii</i>	1	
			<i>Rosmarinus officinalis</i>	1	
			<i>Koeleria vallesiana</i>	+	
			<i>Atractylis humilis</i>	+	
			<i>Phlomis crinita</i>	+	
			<i>Leuzea conifera</i>	+	
			<i>Convolvulus lanuginosus</i>	+	

PARCELA N°	53	COORD. X	677687	COORD. Y	4303580
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	B	SEV. CAMPO.	B
FECHA VISITA	16/06/2003	PENDIENTE (°)	30	ORIENT. (°) (U/S)	290 (U)
% HERBAC.	40	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	
% MATORR.	30	OBSERVACIONES	Solo ha habido un fuego de superficie, ya que no se ven árboles completamente quemados. Solo marcas de fuego sobre el tronco de hasta 1,5-2,0 m de Altitud.		
% ARBOREO	60				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	80				
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.	Aparecen zonas sin protección vegetal, sobre todo en parte más alta de la ladera, en donde se aprecia una erosión laminar ligera (1)		<i>Pinus halepensis</i>	3	
			<i>Brachypodium retusum</i>	3	
			<i>Quercus coccifera</i>	1	
			<i>Koeleria vallesiana</i>	1	
			<i>Juniperus oxycedrus</i>	1	
			<i>Genista pumila pumila</i>	1	
			<i>Ulex parviflorus</i>	1	
			<i>Helianthemum cinereum</i>	1	
			<i>P. halepensis (regener.)</i>	+	
			<i>Rhamnus lycioides</i>	+	
			<i>Rosmarinus officinalis</i>	+	
			<i>Fumana ericoides</i>	+	
			<i>Thymus vulgaris</i>	+	
			<i>Bupleurum rigidum</i>	+	
			<i>Stipa tenacissima</i>	+	
			<i>Teucrium pseudochamaepitys</i>	+	
			<i>Leuzea conifera</i>	+	
			<i>Teucrium scordium</i>	+	
			<i>Centaureum erythraea</i>	+	
			<i>Coris monspeliensis</i>	+	
			<i>Anacyclus clavatus</i>	+	
			<i>Linum narbonense</i>	+	
			<i>Cuscuta sp.</i>	+	
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				

PARCELA Nº	54	COORD. X	677667	COORD. Y	4303532
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	B	SEV. CAMPO.	B
FECHA VISITA	16/06/2003	PENDIENTE (°)	20	ORIENT. (°) (U/S)	120 (S)
% HERBAC.	30	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	
% MATORR.	15	OBSERVACIONES	Suelo de superficie. Troncos solo quemado porción más inferior (hasta 1 m)		
% ARBOREO	30				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	50				
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.	En las zonas más desprotegidas de vegetación se observa erosión laminar (1)		<i>Pinus halepensis</i>		3
			<i>Ulex parviflorus</i>		2
			<i>Brachypodium retusum</i>		2
			<i>Quercus coccifera</i>		1
			<i>Anthyllis cytisoides</i>		1
			<i>P. halepensis (regener.)</i>		+
			<i>Juniperus oxycedrus</i>		+
			<i>Rhamnus lycioides</i>		+
			<i>Dorycnium pentaphyllum</i>		+
			<i>Helianthemum cinereum</i>		+
			<i>H. apenninum</i>		+
			<i>Thymus vulgaris</i>		+
			<i>Teucrium capitatum</i>		+
			<i>T. pseudochamaepitys</i>		+
			<i>Koeleria vallesiana</i>		+
			<i>Avenula bromoides</i>		+
			<i>Galium sp.</i>		+
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				

PARCELA Nº		55	COORD. X	677693	COORD. Y	4303626
LOCALIDAD		ALMANSA	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	B
FECHA VISITA		16/06/2003	PENDIENTE (º)	12	ORIENT. (º)	65 (U)
% HERBAC.		35	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	60	Altitud snm (GPS)	715
% MATORR.		30	OBSERVACIONES			
% ARBOREO		50				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)		90				
FOTOS						
EROSIÓN OBSERV.	No se aprecia (0)		INVENTARIO	Pinus halepensis 3		
				Brachypodium retusum 2		
				Atractylis humilis 2		
				Ulex parviflorus 1		
				Teucrium pseudochamaepitys 1		
				Helianthemum cinereum 1		
				P. halepensis (regener.) +		
				Juniperus oxycedrus +		
				T. capitatum +		
				Fumana ericoides +		
				Thymus vulgaris +		
				Cistus clusii +		
				Rosmarinus officinalis +		
				Convolvulus lanuginosus +		
			Inula conyza +			
			Sedum sediforme +			
			Koeleria vallesiana +			
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de Pinus halepensis					

PARCELA N°		56	COORD. X	678112	COORD. Y	4305287
LOCALIDAD		ALMANSA	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	B
FECHA VISITA		16/06/2003	PENDIENTE (°)	5	ORIENT. (°) (U/S)	180 (S)
% HERBAC.		20	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	
% MATORR.		25	OBSERVACIONES	Fuego solo en el suelo. Los troncos tiene marcas de quemado hasta un máximo de 3 m, pero generalmente la copa está muy poco afectada. Está junto a un campo de cultivo abandonado		
% ARBOREO		50				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)		80				
FOTOS						
EROSIÓN OBSERV.	No se aprecia de síntomas de erosión. (0)		INVENTARIO	<i>Pinus halepensis</i> 3 <i>Quercus coccifera</i> 2 <i>Brachypodium retusum</i> 2 <i>Juniperus oxycedrus</i> 1 <i>Genista pumila pumila</i> 1 <i>Ulex parviflorus</i> 1 <i>Atractylis humilis</i> +		
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>					

PARCELA Nº	57	COORD. X	677688	COORD. Y	4305576
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	A	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA	16/06/2003	PENDIENTE (°)	20	ORIENT. (°) (U/S)	240 (S)
% HERBAC.	15	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	801
% MATORR.	40	OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	50				
FOTOS		INVENTARIO	<i>Rosmarinus officinalis</i> 2 <i>Juniperus oxycedrus</i> 1 <i>Ulex parviflorus</i> 1 <i>Genista scorpius</i> 1 <i>Brachypodium phoenicoides</i> 1 <i>B. retusum</i> 1 <i>Pinus halepensis</i> 1 <i>Dorycnium pentaphyllum</i> + <i>Fumana ericoides</i> + <i>Thymus vulgaris</i> + <i>Helianthemum cinereum</i> + <i>Teucrium capitatum</i> + <i>Convolvulus lanuginosus</i> + <i>Euphorbia serrata</i> +		
EROSIÓN OBSERV.	Importante remoción del horizonte superficial. Abundantes piedras. (2)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				

PARCELA N°		58	COORD. X	677289	COORD. Y	4307341
LOCALIDAD		ALMANSA	SEVER. SENS	No quemado	SEV. CAMPO.	No quemado
FECHA VISITA		16/06/2003	PENDIENTE (°)	25	ORIENT. (°) (U/S)	170 (S)
% HERBAC.		20	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	892	Altitud snm (GPS)	
% MATORR.		35	OBSERVACIONES			
% ARBOREO		35				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)		70				
FOTOS						
EROSIÓN OBSERV.		En las zonas mas desprotegidas por la vegetación, se aprecia erosión laminar. (1)	INVENTARIO	<i>Pinus halepensis</i>		3
VEGETAC. PREVIA.		Pinar de <i>Pinus halepensis</i>		<i>Rosmarinus officinalis</i>		2
				<i>Quercus coccifera</i>		1
				<i>Cistus clusii</i>		1
				<i>Helianthemum cinereum</i>		1
				<i>Fumana ericoides</i>		1
				<i>Brachypodium retusum</i>		1
				<i>Stipa tenacissima</i>		1
				<i>Helictotrichon filifolium</i>		1
				<i>Coris monspeliensis</i>		1
				<i>Thymus vulgaris</i>		+
				<i>Fumana ericoides</i>		+
				<i>Convolvulus lanuginosus</i>		+
				<i>Leuzea conifera</i>		+
				<i>Koeleria vallesiana</i>		+
				<i>Orobanche sp.</i>		+

PARCELA N°		59	COORD. X	677159	COORD. Y	4306471
LOCALIDAD		ALMANSA	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA		16/06/2003	PENDIENTE (°)	25	ORIENT. (°)	180 (S)
% HERBAC.		40	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	50	Altitud snm (GPS)	880
% MATORR.		25	OBSERVACIONES			
% ARBOREO						
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)		50				
FOTOS			INVENTARIO	<i>Rosmarinus officinalis</i>		2
EROSIÓN OBSERV.	Grandes afloramientos rocosos. Gran pérdida de suelo. Aparecen peanas en el matorral de 5 cm. (2)	<i>Helictotrichon filifolium</i>		2		
		<i>Quercus coccifera</i>		1		
		<i>Juniperus oxycedrus</i>		1		
		<i>Pistacia lentiscus</i>		1		
		<i>Anthyllis cytisoides</i>		1		
		<i>Fumana ericoides</i>		1		
		<i>Brachypodium retusum</i>		1		
		<i>Coris monspeliensis</i>		1		
		<i>Stipa tenacissima</i>		1		
		<i>Pinus halepensis</i>		+		
		<i>Ulex parviflorus</i>		+		
		<i>Genista pumila pumila</i>		+		
		<i>Thymus vulgaris</i>		+		
		<i>Sedum sediforme</i>		+		
		<i>Leuzea conifera</i>		+		
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>					

PARCELA Nº	60	COORD. X	677486	COORD. Y	4306014
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	A	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA	21/06/2003	PENDIENTE (°)	30	ORIENT. (°)	80 (U)
% HERBAC.	15	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	894
% MATORR.	30	OBSERVACIONES	Pinar con pies de Ø= 45 cm. Regeneración muy irregular, dependiendo de la zonas.		
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	30				
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.	Importante pérdida de suelo. Afloramientos rocosos. Peanas de menos de 5 cm. (2)		<i>Ulex parviflorus</i>	3	
			<i>Quercus coccifera</i>	2	
			<i>Brachypodium retusum</i>	2	
			<i>Pinus halepensis</i>	1	
			<i>Rosmarinus officinalis</i>	1	
			<i>Fumana ericoides</i>	1	
			<i>Asphodelus albus</i>	1	
			<i>Coris monspeliensis</i>	1	
			<i>Phillyrea angustifolia</i>	+	
			<i>Pistacia lentiscus</i>	+	
			<i>Cistus clusii</i>	+	
			<i>Genista scorpius</i>	+	
			<i>G. pumila pumila</i>	+	
			<i>Erica multiflora</i>	+	
			<i>Dorycnium pentaphyllum</i>	+	
			<i>Helianthemum cinereum</i>	+	
			<i>Thymus vulgaris</i>	+	
			<i>Bituminaria bituminosa</i>	+	
			<i>Leuzea conifera</i>	+	
			<i>Euphorbia serrata</i>	+	
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				

PARCELA Nº	61	COORD. X	677385	COORD. Y	4306034
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	A	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA	21/06/2003	PENDIENTE (°)	15	ORIENT. (°)	280 (U)
% HERBAC.	20	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	889
% MATORR.	30	OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	40				
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.	Importante remoción del horizonte superficial. Abundantes piedras. Pequeñas peanas en matorral. (2)		<i>Quercus coccifera</i>	2	
			<i>Ulex parviflorus</i>	2	
			<i>Rosmarinus officinalis</i>	2	
			<i>Helianthemum cinereum</i>	2	
			<i>Brachypodium retusum</i>	2	
			<i>Pinus halepensis</i>	1	
			<i>Thymus vulgaris</i>	1	
			<i>Fumana ericoides</i>	1	
			<i>Asphodelus albus</i>	1	
			<i>Juniperus oxycedrus</i>	+	
			<i>Erica multiflora</i>	+	
			<i>Helictotrichon filifolium</i>	+	
			<i>Sedum sediforme</i>	+	
			<i>Leuzea conifera</i>	+	
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				

PARCELA N°	62	COORD. X	676762	COORD. Y	4305564
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	A	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA	21/06/2003	PENDIENTE (°)	10	ORIENT. (°)	260 (S)
% HERBAC.	25	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	861
% MATORR.	20	OBSERVACIONES	El Juniperus oxycedrus ha regenerado muy bien		
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	40				
FOTOS		INVENTARIO	<i>Juniperus oxycedrus</i> 2 <i>Brachypodium retusum</i> 2 <i>Helianthemum syriacum</i> 2 <i>Rosmarinus officinalis</i> 1 <i>Ulex parviflorus</i> 1 <i>Pinus halepensis</i> + <i>Quercus coccifera</i> + <i>H. cinereum</i> + <i>Fumana ericoides</i> + <i>F. thymifolia</i> + <i>Thymus vulgaris</i> + <i>Sedum sediforme</i> + <i>Coris monspeliensis</i> + <i>Koeleria vallesiana</i> + <i>Centaurium erythraea</i> +		
EROSIÓN OBSERV.	Importante remoción del horizonte superficial. Muchas piedras sueltas. (2)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				

PARCELA N°	63	COORD. X	676927	COORD. Y	4304854
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	A	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA	21/06/2003	PENDIENTE (°)	30	ORIENT. (°)	280 (U)
% HERBAC.	25	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	799
% MATORR.	20	OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	35				
FOTOS		INVENTARIO	<i>Brachypodium retusum</i> 3 <i>Rosmarinus officinalis</i> 2 <i>Ulex parviflorus</i> 2 <i>Pinus halepensis</i> 1 <i>Quercus coccifera</i> 1 <i>Juniperus oxycedrus</i> 1 <i>Coris monspeliensis</i> 1 <i>Pistacia lentiscus</i> + <i>Rhamnus lycioides</i> + <i>Helianthemum cinereum</i> + <i>Fumana thymifolia</i> + <i>Sedum sediforme</i> +		
EROSIÓN OBSERV.	Fuerte remoción del suelo, dejando muchas raíces descubiertas (> 5 cm). Aparecen peanas en los matorrales y tocones. Abundantes piedras sueltas. (3)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				

PARCELA N°	64	COORD. X	677287	COORD. Y	4305684
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	M
FECHA VISITA	21/06/2003	PENDIENTE (°)	8	ORIENT. (°)	54 (U)
% HERBAC.	35	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	50	Altitud snm (GPS)	901
% MATORR.	15	OBSERVACIONES	Parcela alargada, con banda de árboles que se han quemado solo en la base (restos de quemado sobre el tronco, de hasta 3 m de Altitud)		
% ARBOREO	40				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	60				
FOTOS		INVENTARIO	<i>Brachypodium retusum</i> 3 <i>Rosmarinus officinalis</i> 2 <i>Pinus halepensis (regener.)</i> 1 <i>Quercus coccifera</i> 1 <i>Erica multiflora</i> 1 <i>Ulex parviflorus</i> 1 <i>Fumana ericoides</i> 1 <i>Juniperus oxycedrus</i> + <i>Dorycnium pentaphyllum</i> + <i>Helictotrichon filifolium</i> + <i>Helianthemum syriacum</i> + <i>H. apenninum</i> + <i>Thymus vulgaris</i> + <i>Coris monspeliensis</i> +		
EROSIÓN OBSERV.	Laminar ligera (1)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				

PARCELA N°	65	COORD. X	676394	COORD. Y	4307194
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	B	SEV. CAMPO.	B
FECHA VISITA	21/06/2003	PENDIENTE (°)	20	ORIENT. (°)	160 (S)
% HERBAC.	40	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	
% MATORR.	25	OBSERVACIONES	Muy pocos árboles quemados y solo por un lado del tronco (hasta 2 m). Cobertura del suelo muy heterogénea.		
% ARBOREO	50-60				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	75				
FOTOS		INVENTARIO	<i>Brachypodium retusum</i> 3 <i>Quercus coccifera</i> 2 <i>Ulex parviflorus</i> 1 <i>Helictotrichon filifolium</i> 1 <i>Teucrium pseudochamaepitys</i> 1 <i>Andryala integrifolia</i> 1 <i>Rhamnus lycioides</i> + <i>Thymus vulgaris</i> + <i>Argyrobium zanonii</i> + <i>Ononis minutissima</i> + <i>Sedum sediforme</i> + <i>Euphorbia nicaeensis</i> + <i>E. serrata</i> +		
EROSIÓN OBSERV.	No se aprecian síntomas de erosión. (0)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				

PARCELA N°	66	COORD. X	676307	COORD. Y	4307212
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	B	SEV. CAMPO.	B
FECHA VISITA	22/06/2003	PENDIENTE (°)	14	ORIENT. (°)	300 (U)
% HERBAC.	40	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	75	Altitud snm (GPS)	882
% MATORR.	30	OBSERVACIONES	La parcela es un mosaico de severidad media baja y nula, por lo que de forma media se puede considerar como baja		
% ARBOREO	50				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	70				
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.	Laminar por las zonas con menos cobertura vegetal. (1)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				
			<i>Quercus coccifera</i>		3
			<i>Brachypodium retusum</i>		3
			<i>Juniperus oxycedrus</i>		1
			<i>Ulex parviflorus</i>		1
			<i>Helianthemum cinereum</i>		1
			<i>Rhamnus lycioides</i>		1
			<i>Atriplex halimus</i>		+
			<i>Bupleurum rigidum</i>		+
			<i>Cistus clusii</i>		+
			<i>Erica multiflora</i>		+
			<i>Dorycnium pentaphyllum</i>		+
			<i>Helianthemum syriacum</i>		+
			<i>Brachypodium phoenicoides</i>		+
			<i>Sedum sediforme</i>		+
			<i>Inula conyza</i>		+
			<i>Teucrium pseudochamaepitys</i>		+
			<i>Andryala integrifolia</i>		+
			<i>Euphorbia serrata</i>		+

PARCELA N°	67	COORD. X	676562	COORD. Y	4308034
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	B	SEV. CAMPO.	B
FECHA VISITA	22/06/2003	PENDIENTE (°)	0	ORIENT. (°)	0 (S)
% HERBAC.	25	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	
% MATORR.	15	OBSERVACIONES			
% ARBOREO	70				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	80				
FOTOS		INVENTARIO	<i>Brachypodium retusum</i> 3 <i>Juniperus oxycedrus</i> 2 <i>Quercus coccifera</i> 1 <i>Bupleurum fruticosum</i> 1 <i>Ulex parviflorus</i> 1 <i>Koeleria vallesiana</i> 1 <i>Helictotrichon filifolium</i> 1 <i>Pinus halepensis (regener.)</i> + <i>Thymus vulgaris</i> + <i>Thymus piperella</i> + <i>Helianthemum hirtum</i> + <i>Teucrium capitatum</i> + <i>Helichrysum serotinum</i> + <i>Leuzea conifera</i> + <i>Andryala integrifolia</i> +		
EROSIÓN OBSERV.	No se aprecia (0)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de Pinus halepensis				

PARCELA N°	68	COORD. X	674507	COORD. Y	4307107
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	A	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA	22/06/2003	PENDIENTE (°)	17	ORIENT. (°)	170 (S)
% HERBAC.	30	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	924
% MATORR.	25	OBSERVACIONES	Buena regeneración de coscoja, pero no es homogénea en toda la superficie de la parcela.		
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	40				
FOTOS		INVENTARIO	<i>Quercus coccifera</i> 2 <i>Helianthemum syriacum</i> 2 <i>Stipa tenacissima</i> 2 <i>Rosmarinus officinalis</i> 1 <i>Fumana ericoides</i> 1 <i>Helictotrichon filifolium</i> 1 <i>Brachypodium retusum</i> 1 <i>Pinus halepensis</i> + <i>Juniperus oxycedrus</i> + <i>Teucrium capitatum</i> + <i>Sideritis mugronensis</i> + <i>Koeleria vallesiana</i> +		
EROSIÓN OBSERV.	Importante remoción del horizonte superficial. Abundantes piedras sueltas. (2)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				

PARCELA N°	69	COORD. X	674434	COORD. Y	4306911
LOCALIDAD	ALMANSA	SEVER. SENS	A	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA	22/06/2003	PENDIENTE (°)	18	ORIENT. (°)	320 (U)
% HERBAC.	15	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	80	Altitud snm (GPS)	899
% MATORR.	70	OBSERVACIONES	Muy buena regeneración de <i>Quercus coccifera</i>		
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	70				
FOTOS		INVENTARIO	<i>Quercus coccifera</i> 3 <i>Rhamnus alaternus</i> 1 <i>Ulex parviflorus</i> 1 <i>Rubia peregrina</i> 1 <i>Brachypodium retusum</i> 1 <i>Dorycnium pentaphyllum</i> + <i>Helianthemum cinereum</i> + <i>Argyrolobium zanonii</i> + <i>Silene muscipula</i> +		
EROSIÓN OBSERV.	El sustrato se aprecia muy removido, con abundantes piedras y pequeños regueros (2)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				

A_IV.2.3.- Incendio de Liétor.

PARCELA N°	1	COORD. X	597669	COORD. Y	4259021
LOCALIDAD	LIÉTOR	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA	26/06/2003	PENDIENTE (°)	29	ORIENT. (°)	259 (S)
% HERBAC.	15	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	30	Altitud snm (GPS)	781
% MATORR.	30	OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	35				
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.	Suelo muy erosionado, con muchas piedras sueltas y rocas descarnadas. Peanas de erosión. (3)		<i>Quercus coccifera</i>	2	
			<i>Stipa tenacissima</i>	2	
			<i>Pinus halepensis</i>	1	
			<i>Rosmarinus officinalis</i>	1	
			<i>Pistacia lentiscus</i>	1	
			<i>Rhamnus lycioides</i>	1	
			<i>Cistus clusii</i>	1	
			<i>Lithodora fruticosa</i>	1	
			<i>Sedum sediforme</i>	1	
			<i>Fumana ericoides</i>	1	
			<i>Thymus vulgaris</i>	1	
			<i>Phlomis crinita</i>	1	
			<i>Coris monspeliensis</i>	1	
			<i>Phillyrea angustifolia</i>	+	
			<i>Bupleurum frutescens</i>	+	
			<i>Brachypodium retusum</i>	+	
			<i>Teucrium pseudochamaepitys</i>	+	
			<i>T. capitatum</i>	+	
			<i>Convolvulus lanuginosus</i>	+	
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i> con poca cobertura (30%)				

PARCELA Nº	2	COORD. X	597494	COORD. Y	4259067
LOCALIDAD	LIÉTOR	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA	26/06/2003	PENDIENTE (°)	16	ORIENT. (°)	185 (S)
% HERBAC.	10	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	40	Altitud snm (GPS)	721
% MATORR.	35	OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	35				
FOTOS		INVENTARIO	<i>Anthyllis cytisoides</i> 2 <i>Stipa tenacissima</i> 2 <i>Bituminaria bituminosa</i> 2 <i>Santolina chamaecyparissus</i> 1 <i>Rhamnus lycioides</i> + <i>Brachypodium retusum</i> + <i>Helictotrichon filifolium</i> +		
EROSIÓN OBSERV.	El horizonte superficial está bastante removido. Aparecen abundantes piedras. (2)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i> muy poco denso				

PARCELA Nº	3	COORD. X	597454	COORD. Y	4259110
LOCALIDAD	LIÉTOR	SEVER. SENS	A	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA	26/06/2003	PENDIENTE (°)	28	ORIENT. (°)	160 (S)
% HERBAC.	10	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	
% MATORR.	30	OBSERVACIONES	Pocos rebrotes de cepa, aunque se observan bastantes arbustos quemados.		
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	35				
FOTOS		INVENTARIO	<i>Anthyllis cytisoides</i> 2 <i>Sideritis leucantha</i> 2 <i>bourgeana</i> 2 <i>Convolvulus lanuginosus</i> 1 <i>Stipa tenacissima</i> 1 <i>Pinus halepensis</i> + <i>Rhamnus lycioides</i> + <i>Genista scorpius</i> + <i>Cistus clusii</i> + <i>Thymus vulgaris</i> + <i>Fumana ericoides</i> + <i>Sedum sediforme</i> + <i>Foeniculum vulgare</i> + <i>Phlomis crinita</i>		
EROSIÓN OBSERV.	Rocas descarnadas. Importante pérdida de suelo. Muchas piedras sueltas. (2)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				

PARCELA Nº	4	COORD. X	595890	COORD. Y	4260677
LOCALIDAD	LIÉTOR	SEVER. SENS	B	SEV. CAMPO.	B
FECHA VISITA	26/06/2003	PENDIENTE (°)	30	ORIENT. (°)	20 (U)
% HERBAC.	20	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	734
% MATORR.	25	OBSERVACIONES	Casi ningún pino ha sido afectado seriamente. Sólo daños en tronco (hasta 1,5 m)		
% ARBOREO	50				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	70				
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.	Laminar muy ligera (1)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>		<i>Cistus albidus</i> 4 <i>Juniperus phoenicea</i> 2 <i>Brachypodium retusum</i> 2 <i>Quercus coccifera</i> 1 <i>Juniperus oxycedrus</i> 1 <i>Rhamnus lycioides</i> 1 <i>Anthyllis cytisoides</i> 1 <i>Thymus vulgaris</i> 1 <i>Stipa tenacissima</i> 1 <i>Sedum sediforme</i> 1 <i>Pinus halepensis (regener.)</i> + <i>Cistus clusii</i> + <i>Helianthemum apenninum</i> + <i>Teucrium pseudochamaepitys</i> + <i>Phlomis crinita</i> + <i>Leuzea conifera</i> + <i>Bombycilaena erecta</i> + <i>Rumex angiocarpus</i> +		

PARCELA N°	5	COORD. X	596727	COORD. Y	4260534
LOCALIDAD	LIÉTOR	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA	26/06/2003	PENDIENTE (°)	25	ORIENT. (°) (U/S)	190 (S)
% HERBAC.	15	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	873
% MATORR.	30	OBSERVACIONES	Buena brotación de cepa de Pistacia lentiscus		
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	40				
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.	Laminar con abundantes piedras. (2)		<i>Pistacia lentiscus</i>	2	
			<i>Cistus clusii</i>	2	
			<i>Stipa tenacissima</i>	2	
			<i>Sideritis leucantha bourgeana</i>	2	
			<i>Rhamnus lycioides</i>	1	
			<i>Anthyllis cytisoides</i>	1	
			<i>Brachypodium retusum</i>	1	
			<i>Coris monspeliensis</i>	1	
			<i>Pinus halepensis</i>	+	
			<i>Rosmarinus officinalis</i>	+	
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i> , muy poco denso		<i>Genista scorpius</i>	+	
			<i>Atractylis humilis</i>	+	
			<i>Teucrium capitatum</i>	+	
			<i>Sedum sediforme</i>	+	

PARCELA N°	6	COORD. X	595981	COORD. Y	4260737
LOCALIDAD	LIÉTOR	SEVER. SENS	B	SEV. CAMPO.	B
FECHA VISITA	26/06/2003	PENDIENTE (°)	15	ORIENT. (°) (U/S)	40 (U)
% HERBAC.	20	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	45	Altitud snm (GPS)	692
% MATORR.	15	OBSERVACIONES	El arbolado apenas ha sido afectado. Solo base del tronco quemado hasta 1,5 m de Altitud. Matorral quemado mantiene las ramas secas		
% ARBOREO	80				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	90				
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.	Laminar ligera y centrada en zonas concretas (1)		<i>Juniperus oxycedrus</i>	2	
			<i>Quercus coccifera</i>	2	
			<i>Cistus albidus</i>	2	
			<i>Brachypodium retusum</i>	2	
			<i>Phillyrea angustifolia</i>	1	
			<i>Pistacia lentiscus</i>	1	
			<i>Dorycnium pentaphyllum</i>	1	
			<i>Stipa tenacissima</i>	1	
			<i>Helictotrichon filifolium</i>	1	
			<i>Pinus halepensis (regener.)</i>	+	
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>		<i>Daphne gnidium</i>	+	
			<i>Cistus clusii</i>	+	

PARCELA Nº	7	COORD. X	596054	COORD. Y	4260799
LOCALIDAD	LIÉTOR	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	M
FECHA VISITA	27/06/2003	PENDIENTE (°)	17	ORIENT. (°)	250 (S)
% HERBAC.	30	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	45	Altitud snm (GPS)	692
% MATORR.	15	OBSERVACIONES			
% ARBOREO	35				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	55				
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.	Remoción del horizonte superficial. Aparecen numerosas piedras sueltas. (2)		<i>Stipa tenacissima</i>		2
			<i>Pistacia lentiscus</i>		1
			<i>Rhamnus lycioides</i>		1
			<i>Anthyllis cytisoides</i>		1
			<i>Genista scorpius</i>		1
			<i>Helictotrichon foliolium</i>		1
			<i>Brachypodium retusum</i>		1
			<i>Juniperus oxycedrus</i>		+
			<i>Rosmarinus officinalis</i>		+
			<i>Dorycnium pentaphyllum</i>		+
			<i>Helianthemum syriacum</i>		+
			<i>Globularia alypum</i>		+
			<i>Fumana ericoides</i>		+
			<i>H. cinereum</i>		+
			<i>Thymus vulgaris</i>		+
			<i>Sideritis leucantha</i>		+
			<i>bourgeana</i>		+
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i> poco denso		<i>Teucrium capitatum</i>		+
			<i>Coris monspeliensis</i>		+
			<i>Campanula afra</i>		

PARCELA N°	8	COORD. X	597820	COORD. Y	4259977
LOCALIDAD	LIÉTOR	SEVER. SENS	A	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA	27/06/2003	PENDIENTE (°)	25	ORIENT. (°)	50 (U)
% HERBAC.	30	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	75	Altitud snm (GPS)	855
% MATORR.	50	OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	70				
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.	Se observan antiguos regueros, pero actualmente están protegidos por la vegetación, que ha regenerado muy bien. (2)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				
			<i>Quercus coccifera</i>	3	
			<i>Cistus albidus</i>	3	
			<i>Brachypodium retusum</i>	2	
			<i>Pinus halepensis</i>	+	
			<i>Juniperus oxycedrus</i>	+	
			<i>Phillyrea angustifolia</i>	+	
			<i>Lonicera implexa</i>	+	
			<i>Daphne gnidium</i>	+	
			<i>Dorycnium pentaphyllum</i>	+	
			<i>Anthyllis cytisoides</i>	+	
			<i>Asphodelus cerasiferus</i>	+	
			<i>Atractylis humilis</i>	+	
			<i>Linum suffruticosum</i>	+	

PARCELA N°	9	COORD. X	598312	COORD. Y	4259140
LOCALIDAD	LIÉTOR	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	M
FECHA VISITA	27/06/2003	PENDIENTE (°)	0	ORIENT. (°)	- (S)
% HERBAC.	15	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	
% MATORR.	25	OBSERVACIONES	Aparece una mezcla de severidades en el área. La mayor parte de los árboles con el tronco quemado hasta 2 m de Altitud		
% ARBOREO	50				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	80				
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.	No se aprecia (0)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				
			<i>Quercus coccifera</i>	2	
			<i>Cistus albidus</i>	2	
			<i>Brachypodium retusum</i>	2	
			<i>Pinus halepensis (regener.)</i>	1	
			<i>Juniperus oxycedrus</i>	+	
			<i>Rosmarinus officinalis</i>	+	
			<i>Dorycnium pentaphyllum</i>	+	
			<i>Coronilla minima</i>	+	
			<i>Bupleurum rigidum</i>	+	
			<i>Helianthemum cinereum</i>	+	
			<i>Stipa tenacissima</i>	+	
			<i>Teucrium capitatum</i>	+	
			<i>T. pseudochamaepitys</i>	+	
			<i>Campanula dichotoma</i>	+	

PARCELA Nº	10	COORD. X	598733	COORD. Y	4258764
LOCALIDAD	LIÉTOR	SEVER. SENS	A	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA	27/06/2003	PENDIENTE (°)	25	ORIENT. (°)	180 (S)
% HERBAC.	30	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	895
% MATORR.	30	OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	50				
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.	Importante remoción del horizonte superficial. Muchas piedras sueltas y se aprecia que desplazadas. Peñas de erosión en matorrales (5 cm) y tocones. (3)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar joven de <i>Pinus halepensis</i> y con algunas encinas				
			<i>Anthyllis cytisoides</i>	2	
			<i>Brachypodium retusum</i>	2	
			<i>Pistacia lentiscus</i>	1	
			<i>Rosmarinus officinalis</i>	1	
			<i>Cistus clusii</i>	1	
			<i>Ruta angustifolia</i>	1	
			<i>Quercus ilex ballota</i>	+	
			<i>Pinus halepensis</i>	+	
			<i>Juniperus oxycedrus</i>	+	
			<i>Quercus coccifera</i>	+	
			<i>Rhamnus lycioides</i>	+	
			<i>Genista scorpius</i>	+	
			<i>Cistus albidus</i>	+	
			<i>Dorycnium pentaphyllum</i>	+	
			<i>Fumana ericoides</i>	+	
			<i>Convolvulus lanuginosus</i>	+	
			<i>Helictotrichon filifolium</i>	+	
			<i>Teucrium capitatum</i>	+	

PARCELA Nº	11	COORD. X	598906	COORD. Y	4258729
LOCALIDAD	LIÉTOR	SEVER. SENS	A	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA	28/06/2003	PENDIENTE (°)	25	ORIENT. (°)	50 (U)
% HERBAC.	25	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	830
% MATORR.	45	OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	60				
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.	Se aprecia una importante remoción del suelo, con desplazamiento de las piedras de menor tamaño y aparición de surcos (2)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i> con encinas pequeñas				
			<i>Quercus coccifera</i>	3	
			<i>Cistus albidus</i>	3	
			<i>Brachypodium retusum</i>	3	
			<i>Juniperus oxycedrus</i>	2	
			<i>Quercus ilex ballota</i>	1	
			<i>Rhamnus lycioides</i>	1	
			<i>Pinus halepensis</i>	+	
			<i>Pistacia terebinthus</i>	+	
			<i>Phillyrea angustifolia</i>	+	
			<i>Lonicera implexa</i>	+	
			<i>Rosmarinus officinalis</i>	+	
			<i>Anthyllis cytisoides</i>	+	
			<i>Helictotrichon filifolium</i>	+	
			<i>Thymus vulgaris</i>	+	

PARCELA N°	12	COORD. X	599151	COORD. Y	4257955
LOCALIDAD	LIÉTOR	SEVER. SENS	No quemado	SEV. CAMPO.	No quemado
FECHA VISITA	28/06/2003	PENDIENTE (°)	20	ORIENT. (°) (U/S)	20 (U)
% HERBAC.	25	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	120	Altitud snm (GPS)	831
% MATORR.	50	OBSERVACIONES	Aparece un macho de cabra montés entre los matorrales. En algunas áreas, domina la <i>Stipa tenacissima</i>		
% ARBOREO	70				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	90				
FOTOS		INVENTARIO	<i>Quercus coccifera</i> 3 <i>Pistacia lentiscus</i> 2 <i>Cistus salviifolius</i> 2 <i>Brachypodium retusum</i> 2 <i>Phillyrea angustifolia</i> 1 <i>Juniperus thurifera</i> + <i>Rosmarinus officinalis</i> + <i>C. albidus</i> + <i>Stipa tenacissima</i> + <i>Teucrium capitatum</i> + <i>Thymus vulgaris</i> + <i>Sedum sediforme</i> +		
EROSIÓN OBSERV.	No se aprecia				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				

PARCELA N°	13	COORD. X	599210	COORD. Y	4256863
LOCALIDAD	LIÉTOR	SEVER. SENS	No quemado	SEV. CAMPO.	No quemado
FECHA VISITA	28/06/2003	PENDIENTE (°)	15	ORIENT. (°) (U/S)	190 (S)
% HERBAC.	20	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	802
% MATORR.	25	OBSERVACIONES			
% ARBOREO	25				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	50				
FOTOS		INVENTARIO	<i>Stipa tenacissima</i> 3 <i>Rosmarinus officinalis</i> 2 <i>Brachypodium retusum</i> 2 <i>Quercus coccifera</i> 1 <i>Pistacia lentiscus</i> 1 <i>Rhamnus lycioides</i> 1 <i>Thymus vulgaris</i> + <i>Phlomis crinita</i> +		
EROSIÓN OBSERV.	Ligera remoción del suelo (1)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar poco denso de <i>Pinus halepensis</i>				

PARCELA Nº	14	COORD. X	597859	COORD. Y	4261563
LOCALIDAD	LIÉTOR	SEVER. SENS	B	SEV. CAMPO.	B
FECHA VISITA	09/01/2004	PENDIENTE (°)	10	ORIENT. (°) (U/S)	50 (U)
% HERBAC.	60	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	50	Altitud snm (GPS)	603
% MATORR.	30	OBSERVACIONES	Dentro de la parcela encontramos zonas con matorral de poca talla (20-30 cm) o otras con portes bastante mayores (70-80 cm). Aproximadamente un 10% de los pies destruidos. El resto solo el tronco quemado hasta 20 m de Altitud.		
% ARBOREO	50				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	90				
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.	No se aprecia por existir una gran cobertura herbácea. (0)		<i>Brachypodium retusum</i>	3	
			<i>Pinus halepensis</i>	2	
			<i>Quercus coccifera</i>	2	
			<i>Cistus albidus</i>	2	
			<i>P. halepensis (regener.)</i>	1	
			<i>Pistacia lentiscus</i>	1	
			<i>Rosmarinus officinalis</i>	1	
			<i>Genista scorpius</i>	1	
			<i>Dorycnium pentaphyllum</i>	1	
			<i>Thymus vulgaris</i>	1	
			<i>Stipa tenacissima</i>	1	
			<i>Phillyrea angustifolia</i>	+	
			<i>Juniperus phoenicia</i>	+	
			<i>Cistus monspeliensis</i>	+	
			<i>Rhamnus lycioides</i>	+	
			<i>Globularia alypum</i>	+	
			<i>Helianthemum syriacum</i>	+	
			<i>Fumana ericoides</i>	+	
			<i>Ruta angustifolia</i>	+	
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				

PARCELA N°	15	COORD. X	598594	COORD. Y	4260768
LOCALIDAD	LIÉTOR	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	M
FECHA VISITA	09/01/2004	PENDIENTE (°)	18	ORIENT. (°)	50 (U)
% HERBAC.	60	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	80	Altitud snm (GPS)	694
% MATORR.	40	OBSERVACIONES			
% ARBOREO	30				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	90				
FOTOS					
EROSIÓN OBSERV.	Prácticamente nula. En zonas algo más desprotegidas, ligeramente laminar. (1)	INVENTARIO	<i>Brachypodium retusum</i> 3 <i>Pinus halepensis</i> 2 <i>P. halepensis (regener.)</i> 2 <i>Rosmarinus officinalis</i> 2 <i>Phillyrea angustifolia</i> 1 <i>Pistacia lentiscus</i> 1 <i>Cistus albidus</i> 1 <i>Helianthemum cinereum</i> 1 <i>Quercus coccifera</i> + <i>Rhamnus lycioides</i> + <i>Cistus clusii</i> + <i>Dorycnium pentaphyllum</i> + <i>Stipa tenacissima</i> + <i>Avenula bromoides</i> +		
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				

PARCELA N°	16	COORD. X	598473	COORD. Y	4260815
LOCALIDAD	LIÉTOR	SEVER. SENS	A	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA	09/01/2004	PENDIENTE (°)	7	ORIENT. (°)	345 (S)
% HERBAC.	30	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	712
% MATORR.	20	OBSERVACIONES	Cobertura previa de <i>Pinus halepensis</i> muy escasa.		
% ARBOREO	0				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	50				
FOTOS					
EROSIÓN OBSERV.	Muestras de erosión laminar. Abundantes piedras sueltas. (2)	INVENTARIO	<i>Stipa tenacissima</i> 3 <i>Halimium atriplicifolium</i> 2 <i>Helianthemum syriacum</i> 1 <i>Pinus halepensis</i> + <i>Juniperus oxycedrus</i> + <i>Atractylis humilis</i> +		
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i> con cobertura muy escasa				

PARCELA N°	17	COORD. X	599035	COORD. Y	4259606
LOCALIDAD	LIÉTOR	SEVER. SENS	B	SEV. CAMPO.	B
FECHA VISITA	09/01/2004	PENDIENTE (°)	3	ORIENT. (°)	125 (S)
% HERBAC.	15	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	70	Altitud snm (GPS)	758
% MATORR.	40	OBSERVACIONES	El fuego ha afectado básicamente al suelo, incluso en algunas zonas no se observan marcas en los troncos. Altitud de quemado sobre tronco 1 m.		
% ARBOREO	40				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	70				
FOTOS		INVENTARIO	<i>Pinus halepensis</i> 3 <i>Cistus albidus</i> 2 <i>Anthyllis cytisoides</i> 2 <i>Rosmarinus officinalis</i> 1 <i>Helianthemum syriacum</i> 1 <i>Brachypodium retusum</i> 1 <i>Juniperus oxycedrus</i> + <i>Genista scorpius</i> + <i>Dorycnium pentaphyllum</i> 1 <i>Thymus vulgaris</i> + <i>Satureja obovata</i> + <i>Orobancha sp.</i> +		
EROSIÓN OBSERV.	No se aprecia.				
	(0)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				

PARCELA N°	18	COORD. X	598660	COORD. Y	4258921
LOCALIDAD	LIÉTOR	SEVER. SENS	A	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA	09/01/2004	PENDIENTE (°)	35	ORIENT. (°)	330 (U)
% HERBAC.	10	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	862
% MATORR.	65	OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	70				
FOTOS		INVENTARIO	<i>Cistus albidus</i> 3 <i>Pinus halepensis (regener.)</i> 2 <i>Quercus coccifera</i> 2 <i>Phillyrea angustifolia</i> 2 <i>Anthyllis cytisoides</i> 2 <i>Brachypodium retusum</i> 1 <i>Arbutus unedo</i> + <i>Pistacia lentiscus</i> + <i>Rhamnus alaternus</i> + <i>R. lycioides</i> + <i>Halimium atriplicifolium</i> + <i>Dorycnium pentaphyllum</i> + <i>Helianthemum syriacum</i> + <i>Atractylis humilis</i> + <i>Stipa tenacissima</i> + <i>Rubia peregrina</i> +		
EROSIÓN OBSERV.	Zonas severas de pérdida del horizonte superficial y movimiento de piedras, y en otras sin erosión aparente.				
	(2)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				

PARCELA N°	19	COORD. X	598579	COORD. Y	4262240
LOCALIDAD	LIÉTOR	SEVER. SENS	No quemado	SEV. CAMPO.	No quemado
FECHA VISITA	09/01/2004	PENDIENTE (°)	15	ORIENT. (°)	350 (U)
% HERBAC.	60	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	80	Altitud snm (GPS)	535
% MATORR.	30	OBSERVACIONES	Los pinos son escasos y jóvenes (Altitud 6-7 m). Cobertura principal de <i>Stipa tenacissima</i>		
% ARBOREO	20				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	90				
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.	En zonas desprotegidas de vegetación (las menos), aparece ligera laminar. (1)		<i>Stipa tenacissima</i>	3	
			<i>Pinus halepensis</i>	2	
			<i>Anthyllis cytisoides</i>	2	
			<i>Phlomis crinita</i>	2	
			<i>Thymus vulgaris</i>	2	
			<i>Rhamnus lycioides</i>	1	
			<i>Rosmarinus officinalis</i>	1	
			<i>Brachypodium retusum</i>	1	
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>		<i>Sedum sediforme</i>	1	
			<i>Pistacia lentiscus</i>	+	

PARCELA N°	20	COORD. X	598232	COORD. Y	4261387
LOCALIDAD	LIÉTOR	SEVER. SENS	No quemado	SEV. CAMPO.	No quemado
FECHA VISITA	10/01/2004	PENDIENTE (°)	25	ORIENT. (°)	30 (U)
% HERBAC.	45	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	150	Altitud snm (GPS)	706
% MATORR.	45	OBSERVACIONES			
% ARBOREO	40				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	90				
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.	Suelo removido en las zonas más desprotegidas de vegetación. (1)		<i>Pinus halepensis</i>	3	
			<i>Juniperus oxycedrus</i>	2	
			<i>Juniperus phoenicia</i>	2	
			<i>Rosmarinus officinalis</i>	2	
			<i>Brachypodium retusum</i>	2	
			<i>Quercus coccifera</i>	1	
			<i>Phillyrea angustifolia</i>	1	
			<i>Pistacia lentiscus</i>	1	
			<i>Cistus albidus</i>	1	
			<i>Cistus clusii</i>	+	
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>		<i>Thymus vulgaris</i>	+	
			<i>Stipa tenacissima</i>	+	

PARCELA Nº	21	COORD. X	598697	COORD. Y	4261248
LOCALIDAD	LIÉTOR	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	M
FECHA VISITA	10/01/2004	PENDIENTE (°)	17	ORIENT. (°) (U/S)	210 (S)
% HERBAC.	15	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	752
% MATORR.	30	OBSERVACIONES	Pinar de <i>Pinus halepensis</i> con escasa cobertura arbórea. Han hecho recientemente actuación con <i>ripper</i> para plantación de alguna especie forestal (¿ <i>Pinus halepensis</i> ?).		
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	40				
FOTOS		INVENTARIO	<i>Rosmarinus officinalis</i> 2 <i>Stipa tenacissima</i> 2 <i>Pistacia lentiscus</i> 1 <i>Anthyllis cytisoides</i> 1 <i>Lithodora fruticosa</i> 1 <i>Thymus vulgaris</i> 1 <i>Pinus halepensis</i> + <i>Quercus coccifera</i> + <i>Juniperus oxycedrus</i> + <i>Juniperus phoenicia</i> + <i>Rhamnus lycioides</i> + <i>Cistus albidus</i> + <i>Fumana ericoides</i> + <i>Helianthemum violaceum</i> +		
EROSIÓN OBSERV.	Remoción del horizonte superficial. Erosión laminar. (1)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				

PARCELA Nº	22	COORD. X	598769	COORD. Y	4261029
LOCALIDAD	LIÉTOR	SEVER. SENS	A	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA	10/01/2004	PENDIENTE (°)	28	ORIENT. (°) (U/S)	190 (S)
% HERBAC.	10	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	
% MATORR.	30	OBSERVACIONES	La cobertura herbácea la proporciona básicamente el esparto		
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	30				
FOTOS		INVENTARIO	<i>Juniperus oxycedrus</i> 1 <i>Pistacia lentiscus</i> 1 <i>Rosmarinus officinalis</i> 1 <i>Cistus clusii</i> 1 <i>Lithodora fruticosa</i> 1 <i>Stipa tenacissima</i> 1 <i>Sedum sediforme</i> 1 <i>Pinus halepensis</i> + <i>Quercus coccifera</i> + <i>Phillyrea angustifolia</i> + <i>Rhamnus lycioides</i> + <i>Genista scorpius</i> + <i>Anthyllis cytisoides</i> + <i>Helianthemum violaceum</i> + <i>Fumana ericoides</i> + <i>H. cinereum</i> + <i>Thymus vulgaris</i> + <i>Brachypodium retusum</i> + <i>Coris monspeliensis</i> +		
EROSIÓN OBSERV.	Perdida de casi todo el horizonte superficial. Aparecen peanas de erosión sobre matorral (≈ 7 cm). Muchas piedras sueltas y desplazadas (3)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				

PARCELA N°	23	COORD. X	599233	COORD. Y	4260780
LOCALIDAD	LIÉTOR	SEVER. SENS	A	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA	10/01/2004	PENDIENTE (°)	25	ORIENT. (°) (U/S)	155 (S)
% HERBAC.	5	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	766
% MATORR.	30	OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	35				
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.	Piedras sueltas que se observan desplazadas en algunos casos. (2)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				
			<i>Rosmarinus officinalis</i>	2	
			<i>Quercus coccifera</i>	1	
			<i>Pistacia lentiscus</i>	1	
			<i>Cistus clusii</i>	1	
			<i>Anthyllis cytisoides</i>	1	
			<i>Thymus vulgaris</i>	1	
			<i>Phillyrea angustifolia</i>	+	
			<i>Rhamnus lycioides</i>	+	
			<i>Lithodora fruticosa</i>	+	
			<i>Satureja obovata</i>	+	
			<i>Fumana ericoides</i>	+	
			<i>Brachypodium retusum</i>	+	
			<i>Sedum sediforme</i>	+	
			<i>Coris monspeliensis</i>	+	

PARCELA N°	24	COORD. X	599434	COORD. Y	4261082
LOCALIDAD	LIÉTOR	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	B
FECHA VISITA	10/01/2004	PENDIENTE (°)	25	ORIENT. (°) (U/S)	23 (U)
% HERBAC.	30	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	110	Altitud snm (GPS)	
% MATORR.	60	OBSERVACIONES			
% ARBOREO	15				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	90				
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.	En zonas muy concretas se aprecia algo de erosión laminar. (1)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar con escasa cobertura de <i>Pinus halepensis</i>				
			<i>Pinus halepensis</i>	3	
			<i>Cistus albidus</i>	2	
			<i>Brachypodium retusum</i>	2	
			<i>Quercus coccifera</i>	1	
			<i>Rhamnus lycioides</i>	1	
			<i>R. alaternus</i>	+	

PARCELA Nº	25	COORD. X	599440	COORD. Y	4261134
LOCALIDAD	LIÉTOR	SEVER. SENS	B	SEV. CAMPO.	B
FECHA VISITA	10/01/2004	PENDIENTE (°)	14	ORIENT. (°) (U/S)	40 (U)
% HERBAC.	40	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	660
% MATORR.	50	OBSERVACIONES			
% ARBOREO	50				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	90				
FOTOS		INVENTARIO	<i>Pinus halepensis</i> 3 <i>Cistus albidus</i> 3 <i>Brachypodium retusum</i> 2 <i>Quercus coccifera</i> 1 <i>Rhamnus lycioides</i> 1 <i>Halimium atriplicifolium</i> + <i>Ruta angustifolia</i> + <i>Helianthemum cinereum</i> +		
EROSIÓN OBSERV.	No se aprecia (0)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				

PARCELA Nº	26	COORD. X	599219	COORD. Y	4261119
LOCALIDAD	LIÉTOR	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	M
FECHA VISITA	10/01/2004	PENDIENTE (°)	30	ORIENT. (°) (U/S)	50 (U)
% HERBAC.	60	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	110	Altitud snm (GPS)	653
% MATORR.	50	OBSERVACIONES	El <i>Brachypodium retusum</i> no deja observar bien los síntomas de erosión.		
% ARBOREO	20				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	90				
FOTOS		INVENTARIO	<i>Cistus albidus</i> 3 <i>Brachypodium retusum</i> 3 <i>Pinus halepensis</i> 2 <i>Pistacia lentiscus</i> 1 <i>Cistus clusii</i> 1 <i>Anthyllis cytisoides</i> 1 <i>Ruta angustifolia</i> 1 <i>Pinus halepensis (regener.)</i> + <i>Quercus coccifera</i> + <i>Juniperus oxycedrus</i> + <i>Rhamnus lycioides</i> +		
EROSIÓN OBSERV.	En general no se aprecia erosión, aunque en algunas zonas aparecen síntomas de haberla tenido (abundantes piedras, suelo escaso, pequeñas peanas en tocones) (2)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				

PARCELA N°	27	COORD. X	599747	COORD. Y	4260188
LOCALIDAD	LIÉTOR	SEVER. SENS	B	SEV. CAMPO.	M
FECHA VISITA	11/01/2004	PENDIENTE (°)	0	ORIENT. (°) (U/S)	- (S)
% HERBAC.	25	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	740
% MATORR.	30	OBSERVACIONES	Solo se ha quemado la base de los pinos (hasta 1 m). La parcela se encuentra junto a unos cultivos de secano.		
% ARBOREO	35				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	80				
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.	No se aprecia		<i>Pinus halepensis</i>	3	
			<i>Quercus coccifera</i>	2	
			<i>Juniperus oxycedrus</i>	2	
			<i>Halimium atriplicifolium</i>	1	
			<i>Brachypodium retusum</i>	1	
			<i>Phillyrea angustifolia</i>	+	
			<i>Pistacia lentiscus</i>	+	
			<i>Rosmarinus officinalis</i>	+	
			<i>Cistus albidus</i>	+	
			<i>Dorycnium pentaphyllum</i>	+	
			<i>C. clusii</i>	+	
			<i>Helianthemum violaceum</i>	+	
			<i>H. cinereum</i>	+	
			<i>Fumana ericoides</i>	+	
			<i>Thymus vulgaris</i>	+	
			<i>Stipa tenacissima</i>	+	
			<i>Helichrysum serotinum</i>	+	
			<i>Teucrium capitatum</i>	+	
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				

PARCELA N°	28	COORD. X	599811	COORD. Y	4260185
LOCALIDAD	LIÉTOR	SEVER. SENS	A	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA	11/01/2004	PENDIENTE (°)	15	ORIENT. (°) (U/S)	120 (S)
% HERBAC.	20	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	
% MATORR.	5	OBSERVACIONES			
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	20				
FOTOS		INVENTARIO			
EROSIÓN OBSERV.	Pérdida del horizonte superficial. Abundantes piedras.		<i>Quercus coccifera</i>	1	
			<i>Lithodora fruticosa</i>	1	
			<i>Halimium atriplicifolium</i>	1	
			<i>Helianthemum syriacum</i>	1	
			<i>Atractylis humilis</i>	1	
			<i>Stipa tenacissima</i>	1	
			<i>Brachypodium retusum</i>	1	
			<i>Arbutus unedo</i>	+	
			<i>Pistacia lentiscus</i>	+	
			<i>Fumana ericoides</i>	+	
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				

PARCELA Nº	31	COORD. X	600320	COORD. Y	4259152
LOCALIDAD	LIÉTOR	SEVER. SENS	No quemado	SEV. CAMPO.	B
FECHA VISITA	11/01/2004	PENDIENTE (°)	14	ORIENT. (°) (U/S)	60 (U)
% HERBAC.	35	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	678
% MATORR.	35	OBSERVACIONES			
% ARBOREO	20				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	70				
FOTOS		INVENTARIO	<i>Rosmarinus officinalis</i> 2 <i>Brachypodium retusum</i> 2 <i>Stipa tenacissima</i> 2 <i>Quercus coccifera</i> 1 <i>Thymus vulgaris</i> 1 <i>Pistacia lentiscus</i> + <i>Rhamnus lycioides</i> + <i>Helianthemum cinereum</i> +		
EROSIÓN OBSERV.	Muy escasa, en zonas muy concretas. (1)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				

PARCELA Nº	29	COORD. X	600135	COORD. Y	4259335
LOCALIDAD	LIÉTOR	SEVER. SENS	B	SEV. CAMPO.	B
FECHA VISITA	11/01/2004	PENDIENTE (°)	4	ORIENT. (°) (U/S)	30 (U)
% HERBAC.	10	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	50	Altitud snm (GPS)	666
% MATORR.	30	OBSERVACIONES	Fuego de superficie. Los pies de los pinos con síntomas de fuego hasta 1 m de Altitud		
% ARBOREO	30				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	60				
FOTOS		INVENTARIO	<i>Pinus halepensis</i> 2 <i>Rosmarinus officinalis</i> 2 <i>Stipa tenacissima</i> 2 <i>Quercus coccifera</i> 1 <i>Thymus vulgaris</i> 1 <i>Genista scorpius</i> + <i>Halimium atriplicifolium</i> + <i>Fumana ericoides</i> +		
EROSIÓN OBSERV.	No se aprecia (0)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				

PARCELA N°	30	COORD. X	600377	COORD. Y	4259162
LOCALIDAD	LIÉTOR	SEVER. SENS	M	SEV. CAMPO.	M
FECHA VISITA	11/01/2004	PENDIENTE (°)	12	ORIENT. (°) (U/S)	50 (U)
% HERBAC.	30	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)		Altitud snm (GPS)	649
% MATORR.	40	OBSERVACIONES			
% ARBOREO	20				
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	70				
FOTOS		INVENTARIO	<i>Pinus halepensis</i> <i>P. halepensis (regener.)</i> <i>Quercus coccifera</i> <i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Brachypodium retusum</i> <i>Pistacia lentiscus</i> <i>Rhamnus lycioides</i> <i>Atractylis humilis</i>		
EROSIÓN OBSERV.	Solo en algunos lugares concretos se aprecia ligeramente laminar				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				

PARCELA N°	32	COORD. X	599890	COORD. Y	4259005
LOCALIDAD	LIÉTOR	SEVER. SENS	A	SEV. CAMPO.	A
FECHA VISITA	11/01/2004	PENDIENTE (°)	12	ORIENT. (°) (U/S)	10 (U)
% HERBAC.	30	ALTURA MEDIA MATORRAL (cm)	30	Altitud snm (GPS)	
% MATORR.	40	OBSERVACIONES	La distribución de la vegetación en la zona es muy heterogénea.		
% ARBOREO					
TOTAL MEDIO OBSERVADO (%)	50				
FOTOS		INVENTARIO	<i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Cistus albidus</i> <i>Stipa tenacissima</i> <i>Quercus coccifera</i> <i>Juniperus oxycedrus</i> <i>Rhamnus lycioides</i> <i>C. clusii</i> <i>Brachypodium retusum</i> <i>Pinus halepensis (regener.)</i> <i>Pistacia lentiscus</i>		
EROSIÓN OBSERV.	Laminar (1)				
VEGETAC. PREVIA.	Pinar de <i>Pinus halepensis</i>				

Anexo V:

Fotografías campo

En este anexo serán incluidas algunas fotografías tomadas en las parcelas de muestreo, indicando su principal característica: tipo de severidad de fuego (alta, media y baja), marcas del incendio, indicadores de erosión, regeneración, etc.

Por otro lado, se incluye una serie de imágenes de los incendios de Almansa y Yeste en activo. Estas han sido facilitadas por personas del lugar y que pueden tener un gran interés para mostrar la magnitud del fuego.

A_V.1.- DE LAS PARCELAS DE ESTUDIO.



Severidad alta: Parcela 30 de Yeste. Observamos una excelente regeneración de matorral: madroño (*Arbutus unedo*, con fruto), *Phillyrea angustifolia*, *Quercus coccifera*, etc. Al fondo, una ladera de solana, cuya es notoriamente más escasa.



Severidad alta: parcela 18 de Almansa. Regeneración principal de coscoja (al fondo), enebro (en primer plano) y romero (distribuido por toda la parcela).



Severidad alta: parcela 18 de Liétor. Se observan los piés derribados y una importante regeneración de *Cistus albidus* (izquierda de la imagen) y *Phillyrea angustifolia* (derecha).



Severidad media: parcela 25 de Yeste: principalmente podemos apreciar una muy buena regeneración de *Pinus halepensis* y *Rosmarinus officinalis*. En los pinos adultos, comprobamos como la base del tronco está quemada.



Severidad media: parcela 15 de Liétor. En la fotografía se aprecian árboles completamente quemados, y todavía en pie, y otros parcialmente afectados.



Severidad baja: parcela 22 de Yeste. En la imagen pueden observarse la base de los troncos ennegrecidas por la acción del fuego.



Severidad baja: parcela 12 de Almansa: apreciamos la base de los árboles quemada, algunos arbustos sin hojas, producto del fuego (derecha de la foto), y una importante regeneración de gramíneas (*Helictotrichon filifolium*), grandes macollas de coscoja y algo de enebro.



Severidad baja: parcela 14 de Liétor: véase fotografía siguiente para apreciar la base del tronco quemada. En la imagen se observa un gran arbusto de *Phillyrea angustifolia*, emergiendo entre sus predecesores quemados.



Severidad baja: parcela 14 de Liétor. Detalle de la base de un tronco quemado de forma sólo superficial.



Erosión laminar: parcela 15 de Liétor.



Erosión severa: se observa la importante remoción del suelo y las raíces fuertemente descarnadas.



Regeneración de coscoja (*Quercus coccifera*)



Regeneración de *Juniperus oxycedrus*.



Regeneración de *Phillyrea angustifolia*.



Árbol quemado casi en un 50%, y superviviente.

Anexo VI:

Tablas de cruce: campo / mapa digital

En las siguientes páginas queda recogida toda la información respectiva al cruce entre los mapas resultantes de los distintos métodos y procedimientos, y los valores correspondientes al análisis de campo.

A lo largo del estudio, hemos realizado dos tipos de cruces entre las parcelas de campo y los mapas obtenidos. Por un lado, los correspondientes a la severidad del fuego: mapas procedentes de los diferentes análisis de teledetección, frente a su valor determinado en campo. Por otro lado, el valor de PAP (Prioridad de Actuación Postincendio forestal), con respecto al nivel de erosión estimado en cada parcela. De esta forma tenemos:

A_ VI.1.- SEVERIDAD DEL FUEGO.

Las tablas que más abajo se recogen indican, para los distintos incendios estudiados (Yeste, Almansa y Liétor) y para los diferentes métodos de estimación de la severidad del fuego aplicados, el número de parcela, el nivel de severidad del fuego determinado en campo, el nivel estimado por el sensor para los umbrales establecidos, y el valor numérico del mapa digital. Este puede aparecer multiplicado por 100 o por 1000, para facilitar su interpretación (se indicará en la columna correspondiente).

A_ VI.1.1- Incendio de Yeste.

En las tablas que se presentarán, aparece una columna extra, en donde se indica la procedencia del dato de verdad terreno, ya que en este caso puede haberse obtenido mediante análisis de campo o estimación sobre ortofotografía aérea.

A_VI.1.1.1- Métodos basados en el uso del NDVI.**A_VI.1.1.1.1- Diferencia normalizada del NDVI**

A continuación se muestra la tabla de comparación entre las parcelas examinadas en campo y en ortofoto, frente a su valor en el mapa obtenido por diferencia normalizada de NDVI. Las parcelas no coincidentes han sido destacadas mediante un sombreado. Los intervalos seleccionados para las clases severidad baja, media y alta, son: (8-18), (19-36), (37-100).

PROCEDENCIA ORTO/CAMPO	PARCELA Nº	SEVERIDAD ORTO/CAMPO	SEVERIDAD SENSOR	DIFNORM_NDVI *100
orto	1	media	media	34
orto	2	alta	alta	52
orto	3	media	media	24
orto	4	baja	baja	16
orto	5	media	media	23
orto	6	media	media	29
orto	7	alta	alta	79
campo	8	baja	baja	10
campo	9	media	media	32
campo	10	media	media	34
orto	11	alta	alta	66
campo	12	media	alta	52
orto	13	baja	baja	14
campo	14	baja	baja	17
orto	15	media	media	22
orto	16	alta	alta	62
orto	17	alta	media	24
orto	18	alta	media	25
orto	19	media	media	25
orto	20	alta	alta	65
campo	21	alta	alta	77
campo	22	baja	baja	13
campo	23	alta	alta	51
campo	24	alta	alta	44
campo	25	media	media	21
orto	26	baja	baja	11
campo	27	alta	alta	41
campo	28	baja	baja	18
campo	29	media	media	25
campo	30	alta	alta	66
orto	31	alta	alta	55
orto	32	media	baja	14
orto	33	alta	media	19
orto	34	alta	media	33
orto	35	alta	alta	43
orto	36	media	media	33
orto	37	media	media	27

campo	38	alta	alta	44
campo	39	baja	media	29
orto	40	baja	baja	12
orto	41	baja	baja	8
orto	42	baja	baja	12
orto	43	alta	alta	50
orto	44	media	media	33
orto	45	baja	baja	13
orto	46	baja	baja	15
orto	47	media	media	30
orto	48	baja	baja	12
orto	49	baja	media	24
campo	50	baja	baja	16
campo	51	media	media	22
campo	52	NO QUEMADO	NO QUEMADO	-13
campo	53	baja	baja	8
orto	54	media	media	25
orto	55	alta	alta	70
campo	56	media	media	30
orto	57	alta	alta	50
orto	58	media	media	26
orto	59	alta	alta	96
orto	60	baja	baja	11
orto	61	NO QUEMADO	baja	15
orto	62	alta	alta	53
campo	63	media	media	21
campo	64	baja	baja	10
campo	65	baja	media	29
campo	66	media	media	24
campo	67	baja	media	31
campo	68	media	media	23
campo	69	alta	alta	45
campo	70	alta	alta	59
campo	71	baja	baja	14
campo	72	alta	alta	58
campo	73	alta	alta	37
campo	74	alta	alta	51
orto	75	baja	baja	10
orto	76	baja	baja	11
orto	77	media	baja	9
orto	78	alta	baja	15
orto	79	baja	baja	8
campo	80	NO QUEMADO	NO QUEMADO	-16
campo	81	NO QUEMADO	NO QUEMADO	-5

A_VI.1.1.1.2- Diferencia de NDVI.

En la siguiente tabla, queda expuesta la comparación entre las parcelas examinadas en campo y en ortofoto, frente a su valor en el mapa obtenido por diferencia de NDVI. Las parcelas no coincidentes han sido destacadas mediante un sombreado. Los intervalos seleccionados para las clases severidad baja, media y alta, son: (5-14), (15-30), (31-60).

PROCEDENCIA ORTO/CAMPO	PARCELA Nº	SEVERIDAD ORTO/CAMPO	SEVERIDAD SENSOR	DIF_NDVI *100
orto	1	media	media	20
orto	2	alta	alta	38
orto	3	media	media	22
orto	4	baja	baja	14
orto	5	media	media	17
orto	6	media	media	26
orto	7	alta	alta	54
campo	8	baja	baja	11
campo	9	media	media	30
campo	10	media	media	30
orto	11	alta	alta	37
campo	12	media	media	30
orto	13	baja	baja	13
campo	14	baja	baja	14
orto	15	media	baja	11
orto	16	alta	media	28
orto	17	alta	media	15
orto	18	alta	baja	8
orto	19	media	media	15
orto	20	alta	alta	43
campo	21	alta	alta	52
campo	22	baja	baja	11
campo	23	alta	media	21
campo	24	alta	media	19
campo	25	media	baja	14
orto	26	baja	baja	10
campo	27	alta	baja	13
campo	28	baja	media	15
campo	29	media	baja	14
campo	30	alta	alta	47
orto	31	alta	alta	31
orto	32	media	baja	6
orto	33	alta	baja	6
orto	34	alta	media	15
orto	35	alta	media	30
orto	36	media	baja	11
orto	37	media	media	16
campo	38	alta	media	18
campo	39	baja	baja	13

orto	40	baja	baja	9
orto	41	baja	baja	5
orto	42	baja	baja	11
orto	43	alta	alta	38
orto	44	media	alta	32
orto	45	baja	baja	10
orto	46	baja	baja	12
orto	47	media	media	18
orto	48	baja	baja	8
orto	49	baja	media	16
campo	50	baja	baja	12
campo	51	media	media	18
campo	52	NO QUEMADO	NO QUEMADO	-13
campo	53	baja	baja	6
orto	54	media	media	23
orto	55	alta	alta	46
campo	56	media	media	24
orto	57	alta	alta	39
orto	58	media	media	21
orto	59	alta	alta	51
orto	60	baja	baja	8
orto	61	NO QUEMADO	baja	11
orto	62	alta	media	30
campo	63	media	baja	12
campo	64	baja	NO QUEMADO	4
campo	65	baja	media	16
campo	66	media	media	19
campo	67	baja	media	27
campo	68	media	media	16
campo	69	alta	media	30
campo	70	alta	alta	35
campo	71	baja	baja	11
campo	72	alta	alta	33
campo	73	alta	media	27
campo	74	alta	alta	34
orto	75	baja	baja	10
orto	76	baja	baja	9
orto	77	media	baja	5
orto	78	alta	NO QUEMADO	4
orto	79	baja	baja	5
campo	80	NO QUEMADO	NO QUEMADO	-13
campo	81	NO QUEMADO	NO QUEMADO	-5

A_VI.1.1.1.3- Diferencia normalizada del NDVI / NDVI previo al fuego

La tabla de comparación entre las parcelas examinadas en campo y en ortofoto, frente a su valor en el mapa obtenido por diferencia de NDVI, relativa

al NDVI previo al fuego, es la que se presenta seguidamente. Las parcelas no coincidentes han sido destacadas mediante un sombreado. Los intervalos seleccionados para las clases severidad baja, media y alta, son: (14-30), (31-51), (52-100).

PROCEDENCIA ORTO/CAMPO	PARCELA Nº	SEVERIDAD ORTO/CAMPO	SEVERIDAD SENSOR	DIFNDVI/ NDVIpre *100
orto	1	media	media	51
orto	2	alta	alta	69
orto	3	media	media	39
orto	4	baja	baja	28
orto	5	media	media	38
orto	6	media	media	44
orto	7	alta	alta	89
campo	8	baja	baja	17
campo	9	media	media	48
campo	10	media	media	50
orto	11	alta	alta	80
campo	12	media	alta	68
orto	13	baja	baja	24
campo	14	baja	baja	29
orto	15	media	media	36
orto	16	alta	alta	77
orto	17	alta	media	38
orto	18	alta	media	40
orto	19	media	media	40
orto	20	alta	alta	79
campo	21	alta	alta	87
campo	22	baja	baja	22
campo	23	alta	alta	67
campo	24	alta	alta	61
campo	25	media	media	34
orto	26	baja	baja	20
campo	27	alta	alta	59
campo	28	baja	baja	30
campo	29	media	media	40
campo	30	alta	alta	80
orto	31	alta	alta	71
orto	32	media	baja	25
orto	33	alta	media	32
orto	34	alta	media	50
orto	35	alta	alta	60
orto	36	media	media	50
orto	37	media	media	43
campo	38	alta	alta	61
campo	39	baja	media	44
orto	40	baja	baja	22
orto	41	baja	baja	15
orto	42	baja	baja	21

orto	43	alta	alta	66
orto	44	media	media	49
orto	45	baja	baja	23
orto	46	baja	baja	26
orto	47	media	media	46
orto	48	baja	baja	22
orto	49	baja	media	38
campo	50	baja	baja	28
campo	51	media	media	36
campo	52	NO QUEMADO	NO QUEMADO	0
campo	53	baja	baja	14
orto	54	media	media	41
orto	55	alta	alta	82
campo	56	media	media	46
orto	57	alta	alta	67
orto	58	media	media	41
orto	59	alta	alta	98
orto	60	baja	baja	19
orto	61	NO QUEMADO	baja	26
orto	62	alta	alta	69
campo	63	media	media	34
campo	64	baja	baja	19
campo	65	baja	media	45
campo	66	media	media	39
campo	67	baja	media	47
campo	68	media	media	37
campo	69	alta	alta	62
campo	70	alta	alta	74
campo	71	baja	baja	25
campo	72	alta	alta	73
campo	73	alta	alta	54
campo	74	alta	alta	67
orto	75	baja	baja	18
orto	76	baja	baja	20
orto	77	media	baja	16
orto	78	alta	baja	26
orto	79	baja	baja	16
campo	80	NO QUEMADO	NO QUEMADO	0
campo	81	NO QUEMADO	NO QUEMADO	0

A_VI.1.1.2- Métodos basados en el uso del NBR.

A_VI.1.1.2.1- Diferencia de NBR.

La tabla que a continuación se recoge, presenta la comparación entre las parcelas examinadas en campo y en ortofoto, frente a su valor en el mapa obtenido por diferencia

de NBR. Las parcelas no coincidentes han sido destacadas mediante un sombreado. Los intervalos seleccionados para las clases severidad baja, media y alta, son: (100-400), (401-584), (585-1350).

PROCEDENCIA ORTO/CAMPO	PARCELA Nº	SEVERIDAD ORTO/CAMPO	SEVERIDAD SENSOR	DIF_NBR *1000
orto	1	media	media	525
orto	2	alta	alta	765
orto	3	media	media	494
orto	4	baja	baja	369
orto	5	media	baja	346
orto	6	media	media	539
orto	7	alta	alta	1027
campo	8	baja	baja	349
campo	9	media	media	520
campo	10	media	media	470
orto	11	alta	alta	679
campo	12	media	alta	768
orto	13	baja	baja	176
campo	14	baja	media	418
orto	15	media	baja	300
orto	16	alta	alta	626
orto	17	alta	media	479
orto	18	alta	baja	289
orto	19	media	media	426
orto	20	alta	alta	859
campo	21	alta	alta	984
campo	22	baja	baja	194
campo	23	alta	media	453
campo	24	alta	alta	668
campo	25	media	baja	380
orto	26	baja	baja	267
campo	27	alta	baja	206
campo	28	baja	media	449
campo	29	media	media	430
campo	30	alta	alta	1033
orto	31	alta	alta	869
orto	32	media	media	431
orto	33	alta	baja	229
orto	34	alta	media	443
orto	35	alta	alta	643
orto	36	media	baja	319
orto	37	media	baja	345
campo	38	alta	media	505
campo	39	baja	baja	319
orto	40	baja	baja	385
orto	41	baja	baja	340
orto	42	baja	baja	400
orto	43	alta	alta	944

orto	44	media	media	550
orto	45	baja	baja	139
orto	46	baja	baja	364
orto	47	media	media	404
orto	48	baja	baja	289
orto	49	baja	baja	283
campo	50	baja	baja	386
campo	51	media	media	583
campo	52	NO QUEMADO	NO QUEMADO	3
campo	53	baja	media	470
orto	54	media	media	527
orto	55	alta	alta	1060
campo	56	media	baja	385
orto	57	alta	alta	1042
orto	58	media	baja	324
orto	59	alta	alta	821
orto	60	baja	media	451
orto	61	NO QUEMADO	baja	238
orto	62	alta	alta	798
campo	63	media	baja	327
campo	64	baja	baja	261
campo	65	baja	media	432
campo	66	media	baja	400
campo	67	baja	baja	225
campo	68	media	baja	228
campo	69	alta	alta	717
campo	70	alta	alta	736
campo	71	baja	media	421
campo	72	alta	alta	662
campo	73	alta	media	532
campo	74	alta	media	574
orto	75	baja	baja	344
orto	76	baja	baja	257
orto	77	media	baja	201
orto	78	alta	baja	349
orto	79	baja	NO QUEMADO	99
campo	80	NO QUEMADO	NO QUEMADO	-37
campo	81	NO QUEMADO	NO QUEMADO	-14

A_VI.1.1.2.2- Diferencia normalizada del NBR

La tabla siguiente, presenta las parcelas examinadas en campo y ortofoto, y su valor en el mapa obtenido por diferencia normalizada de NBR. Sombreadas aparecen las parcelas en donde la estimación del sensor no coincide con el valor observado en el campo. Los intervalos seleccionados son: bajo: (300-1265), medio: (1266-7000), alto: (7001-30000) y ((-)300-(-)46000).

PROCEDENCIA PARCELA ORTO/CAMPO N°	SEVERIDAD ORTO/CAMPO	SEVERIDAD SENSOR	DIFNORM_NBR *1000
orto	1media	alta	-1796
orto	2alta	alta	-9515
orto	3media	media	1269
orto	4baja	baja	784
orto	5media	media	2705
orto	6media	media	2597
orto	7alta	alta	-38020
campo	8baja	baja	593
campo	9media	media	1678
campo	10media	media	1701
orto	11alta	alta	-3457
campo	12media	alta	-3213
orto	13baja	baja	390
campo	14baja	media	4669
orto	15media	alta	-1925
orto	16alta	alta	-1409
orto	17alta	alta	-2481
orto	18alta	alta	-610
orto	19media	alta	-2759
orto	20alta	alta	-2788
campo	21alta	alta	28643
campo	22baja	baja	618
campo	23alta	alta	-1000
campo	24alta	alta	-1535
campo	25media	alta	-10199
orto	26baja	baja	959
campo	27alta	alta	-866
campo	28baja	baja	1260
campo	29media	alta	-10732
campo	30alta	alta	-7356
orto	31alta	alta	-3335
orto	32media	alta	-850
orto	33alta	alta	-940
orto	34alta	alta	-1231
orto	35alta	alta	-6614
orto	36media	alta	-891
orto	37media	alta	-1774
campo	38alta	alta	-1127
campo	39baja	alta	-1310
orto	40baja	alta	-45035
orto	41baja	alta	-3463
orto	42baja	media	3772
orto	43alta	alta	-2854
orto	44media	media	1300
orto	45baja	baja	595
orto	46baja	alta	-20564
orto	47media	alta	-1817
orto	48baja	alta	-6906
orto	49baja	media	1797

<i>campo</i>	50 baja	<i>media</i>	5779
campo	51media	media	6939
campo	52NO QUEMADO	NO QUEMADO	5
<i>campo</i>	53 baja	<i>alta</i>	12981
orto	54media	media	2592
orto	55alta	alta	-5477
campo	56media	media	2236
orto	57alta	alta	-3972
<i>orto</i>	58media	<i>baja</i>	1209
orto	59alta	alta	-2002
<i>orto</i>	60 baja	<i>alta</i>	-18074
<i>orto</i>	61NO QUEMADO	<i>baja</i>	1192
orto	62alta	alta	-2278
campo	63media	media	1893
<i>campo</i>	64 baja	<i>alta</i>	-1359
<i>campo</i>	65 baja	<i>alta</i>	-1616
campo	66media	media	6102
campo	67baja	baja	456
campo	68media	media	3051
campo	69alta	alta	-3084
campo	70alta	alta	-4282
<i>campo</i>	71 baja	<i>alta</i>	-5031
campo	72alta	alta	-3905
<i>campo</i>	73 alta	<i>media</i>	3633
<i>campo</i>	74 alta	<i>alta</i>	-4746
orto	75baja	baja	614
<i>orto</i>	76 baja	<i>media</i>	1514
<i>orto</i>	77 media	<i>alta</i>	-1734
orto	78alta	alta	-814
<i>orto</i>	79 baja	<i>media</i>	2862
<i>campo</i>	80NO QUEMADO	NO QUEMADO	0
<i>campo</i>	81NO QUEMADO	NO QUEMADO	0

A_VI.1.1.1.3- Diferencia de NBR / NBR previo

La tabla siguiente examina las parcelas determinadas en campo y ortofoto, y su valor en el mapa obtenido por diferencia de NBR relativo al NBR previo al fuego. Aparecen sombreadas las parcelas en donde la estimación del sensor no coincide con la observada en el campo. Los intervalos seleccionados son: severidad baja: (560-1710), media: (1711-2230), alta: (2231-32000).

PROCEDENCIA ORTO/CAMPO	PARCELA Nº	SEVERIDAD ORTO/CAMPO	SEVERIDAD SENSOR	DIFNBR/ NBRpre
orto	1	media	alta	4511
orto	2	alta	alta	2235
orto	3	media	baja	1119
orto	4	baja	baja	879
orto	5	media	baja	1460
orto	6	media	baja	1444

orto	7	alta	media	2054
campo	8	baja	baja	745
campo	9	media	baja	1253
campo	10	media	baja	1260
orto	11	alta	alta	2814
campo	12	media	alta	2904
orto	13	baja	baja	561
campo	14	baja	baja	1647
orto	15	media	alta	4163
orto	16	alta	alta	6888
orto	17	alta	alta	3351
orto	18	alta	alta	3132
orto	19	media	alta	3137
orto	20	alta	alta	3118
campo	21	alta	media	1933
campo	22	baja	baja	764
campo	23	alta	NO QUEMADO	0
campo	24	alta	alta	5741
campo	25	media	media	2217
orto	26	baja	baja	979
campo	27	alta	alta	12976
campo	28	baja	baja	1115
campo	29	media	media	2206
campo	30	alta	alta	2315
orto	31	alta	alta	2857
orto	32	media	alta	11301
orto	33	alta	alta	31394
orto	34	alta	alta	10644
orto	35	alta	alta	2356
orto	36	media	alta	16284
orto	37	media	alta	4584
campo	38	alta	alta	17689
campo	39	baja	alta	8461
orto	40	baja	media	2045
orto	41	baja	alta	2812
orto	42	baja	baja	1581
orto	43	alta	alta	3079
orto	44	media	baja	1131
orto	45	baja	baja	746
orto	46	baja	media	2102
orto	47	media	alta	4448
orto	48	baja	alta	2339
orto	49	baja	baja	1285
campo	50	baja	baja	1705
campo	51	media	media	1748
campo	52	NO QUEMADO	NO QUEMADO	10
campo	53	baja	media	1857
orto	54	media	baja	1443
orto	55	alta	alta	2447

campo	56	media	baja	1382
orto	57	alta	alta	2673
orto	58	media	baja	1094
orto	59	alta	alta	3996
orto	60	baja	media	2117
orto	61	NO QUEMADO	baja	1088
orto	62	alta	alta	3565
campo	63	media	baja	1309
campo	64	baja	alta	7565
campo	65	baja	alta	5245
campo	66	media	media	1718
campo	67	baja	baja	627
campo	68	media	baja	1506
campo	69	alta	alta	2960
campo	70	alta	alta	2609
campo	71	baja	alta	2496
campo	72	alta	alta	2689
campo	73	alta	baja	1568
campo	74	alta	alta	2534
orto	75	baja	baja	761
orto	76	baja	baja	1204
orto	77	media	alta	4724
orto	78	alta	alta	8737
orto	79	baja	baja	1482
campo	80	NO QUEMADO	NO QUEMADO	-185
campo	81	NO QUEMADO	NO QUEMADO	-52

A_VI.1.2.- Incendio de Almansa.

A_VI.1.2.1- Métodos basados en el uso del NDVI.

A_VI.1.2.1.1- Diferencia normalizada del NDVI

La tabla siguiente presenta las parcelas examinadas en campo y su valor en el mapa obtenido por diferencia normalizada de NDVI. Sombreadas, aparecen aquellas parcelas en que la estimación del sensor no coincide con la observada en el campo. Los intervalos seleccionados para cada rango de severidad, han sido: (9-31), (32-55), (56-140).

PARCELA	SEVERIDAD CAMPO	SEVERIDAD SENSOR	DIFNORM_ NDVI *100
1	media	media	47
2	baja	media	55
3	baja	media	49
4	baja	media	46
5	media	media	42
6	baja	baja	9
7	alta	media	39
8	baja	baja	16
9	media	media	32
10	media	media	38
11	baja	baja	16
12	baja	baja	31
13	media	media	40
14	baja	baja	28
15	media	media	47
16	baja	NO QUEMADO	5
17	baja	baja	27
18	media	media	36
19	media	media	51
20	baja	baja	28
21	media	media	44
22	media	media	45
23	media	media	32
24	alta	alta	76
25	alta	alta	63
26	media	media	46
27	alta	alta	62
28	alta	alta	67
29	media	alta	63
30	media	media	55
31	media	media	46
32	media	baja	12
33	baja	media	51

34	baja	baja	28
35	baja	media	55
36	media	media	55
37	alta	alta	70
38	media	media	46
39	alta	alta	71
40	alta	alta	56
41	media	baja	23
42	alta	alta	59
43	alta	alta	70
44	alta	alta	87
45	alta	alta	61
46	alta	alta	75
47	alta	alta	67
48	alta	alta	67
49	alta	alta	70
50	NO QUEMADO	NO QUEMADO	6
51	alta	alta	61
52	baja	baja	31
53	baja	baja	24
54	baja	baja	30
55	baja	media	38
56	baja	media	52
57	alta	alta	57
58	NO QUEMADO	NO QUEMADO	5
59	alta	media	43
60	alta	alta	64
61	alta	alta	93
62	alta	alta	74
63	alta	alta	57
64	media	media	52
65	baja	baja	23
66	baja	baja	25
67	baja	baja	31
68	alta	alta	64
69	alta	alta	73

A_VI.1.2.1.2- Diferencia del NDVI

A continuación se muestra la tabla de comparación entre las parcelas examinadas en campo, frente a su valor en el mapa obtenido por diferencia del NDVI. Las parcelas no coincidentes han sido destacadas mediante un sombreado. Los intervalos seleccionados para las clases severidad baja, media y alta, son: (8-22), (23-30), (31-60).

PARCELA	SEVERIDAD CAMPO	SEVERIDAD SENSOR	DIFNDVI
1	media	media	26
2	baja	media	24

3	baja	media	27
4	baja	media	26
5	media	media	23
6	baja	baja	8
7	alta	media	26
8	baja	baja	12
9	media	media	24
10	media	media	23
11	baja	baja	13
12	baja	media	25
13	media	media	27
14	baja	baja	22
15	media	media	30
16	baja	NO QUEMADO	4
17	baja	baja	20
18	media	baja	21
19	media	alta	33
20	baja	baja	20
21	media	media	27
22	media	media	26
23	media	baja	20
24	alta	alta	35
25	alta	alta	33
26	media	media	27
27	alta	alta	36
28	alta	alta	38
29	media	alta	38
30	media	media	30
31	media	baja	21
32	media	baja	9
33	baja	media	27
34	baja	baja	20
35	baja	baja	20
36	media	alta	35
37	alta	alta	39
38	media	media	29
39	alta	alta	39
40	alta	media	30
41	media	baja	18
42	alta	media	30
43	alta	alta	39
44	alta	alta	45
45	alta	media	29
46	alta	alta	41
47	alta	alta	34
48	alta	alta	33
49	alta	alta	33
50	NO QUEMADO	NO QUEMADO	6
51	alta	alta	31

52	baja	baja	16
53	baja	baja	15
54	baja	baja	19
55	baja	baja	21
56	baja	baja	16
57	alta	alta	31
58	NO QUEMADO	NO QUEMADO	3
59	alta	baja	19
60	alta	alta	36
61	alta	alta	44
62	alta	alta	35
63	alta	media	28
64	media	media	30
65	baja	baja	16
66	baja	baja	18
67	baja	baja	18
68	alta	media	29
69	alta	alta	44

A_VI.1.2.1.3- Diferencia del NDVI / NDVI previo.

La tabla de comparación entre las parcelas examinadas en campo, frente a su valor en el mapa obtenido por diferencia de NDVI, relativa al NDVI previo al fuego, es la que se presenta seguidamente. Las parcelas no coincidentes han sido destacadas mediante un sombreado. Los intervalos seleccionados para las clases severidad baja, media y alta, son: (14-48), (49-71), (72-180).

PARCELA	SEVERIDAD CAMPO	SEVERIDAD SENSOR	DIFNDVI/NDVIpre norm
1	media	media	64
2	baja	media	71
3	baja	media	66
4	baja	media	63
5	media	media	59
6	baja	baja	17
7	alta	media	56
8	baja	baja	27
9	media	media	49
10	media	media	55
11	baja	baja	28
12	baja	media	53
13	media	media	57
14	baja	baja	44
15	media	media	64
16	baja	NO QUEMADO	9
17	baja	baja	43
18	media	media	52
19	media	media	67

20	baja	baja	43
21	media	media	61
22	media	media	62
23	media	baja	44
24	alta	alta	86
25	alta	alta	77
26	media	media	63
27	alta	alta	76
28	alta	alta	80
29	media	alta	77
30	media	media	71
31	media	media	63
32	media	baja	22
33	baja	media	67
34	baja	baja	44
35	baja	baja	41
36	media	alta	73
37	alta	alta	82
38	media	media	63
39	alta	alta	80
40	alta	alta	72
41	media	baja	38
42	alta	alta	74
43	alta	alta	83
44	alta	alta	93
45	alta	alta	76
46	alta	alta	86
47	alta	alta	81
48	alta	alta	80
49	alta	alta	82
50	NO QUEMADO	NO QUEMADO	13
51	alta	alta	75
52	baja	media	55
53	baja	baja	39
54	baja	baja	46
55	baja	media	55
56	baja	media	68
57	alta	alta	72
58	NO QUEMADO	NO QUEMADO	9
59	alta	media	61
60	alta	alta	78
61	alta	alta	96
62	alta	alta	85
63	alta	alta	72
64	media	media	69
65	baja	baja	38
66	baja	baja	40
67	baja	baja	47
68	alta	alta	78

69	alta	alta	84
----	------	------	----

A_VI.1.2.2- Métodos basados en el uso del NBR.

A_VI.1.2.2.1- Diferencia de NBR.

La tabla que a continuación se recoge, presenta la comparación entre las parcelas examinadas en campo, frente a su valor en el mapa obtenido por diferencia de NBR. Las parcelas no coincidentes han sido destacadas mediante un sombreado. Los intervalos seleccionados para las clases severidad baja, media y alta son: (100-338), (339-537), (538-1350).

Nº PARCELA	SEVERIDAD CAMPO	SEVERIDAD SENSOR	DIF_NBR
1	media	media	468
2	baja	baja	317
3	baja	media	406
4	baja	media	401
5	media	media	362
6	baja	baja	257
7	alta	baja	337
8	baja	baja	338
9	media	baja	253
10	media	media	398
11	baja	media	399
12	baja	media	476
13	media	media	390
14	baja	alta	610
15	media	media	459
16	baja	alta	697
17	baja	media	507
18	media	media	339
19	media	alta	603
20	baja	media	469
21	media	alta	556
22	media	media	437
23	media	media	425
24	alta	alta	831
25	alta	alta	755
26	media	media	473
27	alta	alta	634
28	alta	alta	660
29	media	alta	586
30	media	media	442
31	media	media	448
32	media	baja	120
33	baja	media	521
34	baja	baja	299

35	baja	alta	593
36	media	alta	681
37	alta	alta	711
38	media	alta	621
39	alta	alta	756
40	alta	alta	593
41	media	baja	226
42	alta	alta	646
43	alta	alta	778
44	alta	alta	780
45	alta	alta	538
46	alta	alta	782
47	alta	alta	686
48	alta	alta	763
49	alta	alta	738
50	NO QUEMADO	baja	207
51	alta	alta	733
52	baja	baja	307
53	baja	media	451
54	baja	baja	332
55	baja	media	403
56	baja	baja	192
57	alta	alta	742
58	NO QUEMADO	NO QUEMADO	61
59	alta	media	473
60	alta	alta	713
61	alta	alta	802
62	alta	alta	748
63	alta	alta	691
64	media	alta	541
65	baja	media	415
66	baja	baja	331
67	baja	baja	337
68	alta	alta	705
69	alta	alta	781

A_VI.1.2.2.2- Diferencia normalizada del NBR

La tabla siguiente, presenta las parcelas examinadas en campo, y su valor en el mapa obtenido por diferencia normalizada de NBR. Sombreadas aparecen las parcelas en donde la estimación del sensor no coincide con el valor observado en el campo. Los intervalos seleccionados son: bajo: (359-1000), medio: (1001-2400), alto: (2401-40000) y (-3000-(-40000)).

PARCELA	SEVERIDAD CAMPO	SEVERIDAD SENSOR	DIFNORM_NBR imag norm
1	media	media	1406
2	baja	media	1431

3	baja	baja	913
4	baja	media	1373
5	media	media	1389
6	baja	baja	364
7	alta	baja	698
8	baja	baja	555
9	media	baja	368
10	media	baja	738
11	baja	baja	646
12	baja	baja	797
13	media	baja	725
14	baja	media	1648
15	media	media	1237
16	baja	media	1979
17	baja	baja	962
18	media	baja	692
19	media	media	1598
20	baja	baja	992
21	media	media	1407
22	media	baja	913
23	media	media	1115
24	alta	alta	26160
25	alta	alta	4914
26	media	media	1032
27	alta	alta	2458
28	alta	alta	2500
29	media	media	1315
30	media	media	1094
31	media	media	2037
32	media	NO QUEMADO	204
33	baja	media	1903
34	baja	baja	623
35	baja	baja	724
36	media	media	1939
37	alta	alta	2959
38	media	media	2167
39	alta	alta	2971
40	alta	alta	3538
41	media	baja	359
42	alta	alta	2809
43	alta	alta	3510
44	alta	alta	4737
45	alta	alta	-29077
46	alta	alta	4319
47	alta	alta	6775
48	alta	alta	7667
49	alta	alta	24630
50	NO QUEMADO	NO QUEMADO	250
51	alta	alta	16449

52	baja	baja	681
53	baja	media	1742
54	baja	baja	648
55	baja	baja	833
56	baja	media	1820
57	alta	alta	10081
58	NO QUEMADO	NO QUEMADO	132
59	alta	alta	6386
60	alta	alta	7922
61	alta	alta	10894
62	alta	alta	11088
63	alta	alta	7113
64	media	alta	12979
65	baja	baja	774
66	baja	baja	540
67	baja	baja	762
68	alta	alta	9919
69	alta	alta	2899

A_VI.1.2.1.1- Diferencia de NBR / NBR previo

La tabla siguiente examina las parcelas determinadas en campo, y su valor en el mapa obtenido por diferencia de NBR relativa al NBR previo al fuego. Aparecen sombreadas las parcelas en donde la estimación del sensor no coincide con la observada en el campo. Los intervalos seleccionados son: severidad baja: (520-954), media: (955-1370), alta: (1371-3000).

PARCELA	SEVERIDAD CAMPO	SEVERIDAD SENSOR	DIFNBR_NBRprevio
1	media	media	1169
2	baja	media	1177
3	baja	media	954
4	baja	media	1157
5	media	media	1163
6	baja	baja	533
7	alta	baja	822
8	baja	baja	714
9	media	baja	539
10	media	baja	849
11	baja	baja	785
12	baja	baja	887
13	media	baja	841
14	baja	media	1245
15	media	media	1106
16	baja	media	1329
17	baja	media	981
18	media	baja	818

19	media	media	1230
20	baja	media	996
21	media	media	1169
22	media	media	955
23	media	media	1054
24	alta	alta	1926
25	alta	alta	1662
26	media	media	1016
27	alta	alta	1422
28	alta	alta	1429
29	media	media	1136
30	media	media	1045
31	media	media	1341
32	media	NO QUEMADO	339
33	baja	media	1311
34	baja	baja	768
35	baja	baja	840
36	media	media	1319
37	alta	alta	1495
38	media	media	1369
39	alta	alta	1496
40	alta	alta	1559
41	media	baja	528
42	alta	alta	1475
43	alta	alta	1557
44	alta	alta	1651
45	alta	alta	2071
46	alta	alta	1624
47	alta	alta	1743
48	alta	alta	1769
49	alta	alta	1922
50	NO QUEMADO	NO QUEMADO	400
51	alta	alta	1885
52	baja	baja	810
53	baja	media	1271
54	baja	baja	786
55	baja	baja	909
56	baja	media	1291
57	alta	alta	1820
58	NO QUEMADO	NO QUEMADO	233
59	alta	alta	1729
60	alta	alta	1776
61	alta	alta	1832
62	alta	alta	1835
63	alta	alta	1753
64	media	alta	1857
65	baja	baja	872
66	baja	baja	701
67	baja	baja	865

68	alta	alta	1817
69	alta	alta	1487

A_VI.1.3- Incendio de Liétor.

A_VI.1.3.1- Métodos basados en el uso del NDVI.

A_VI.1.3.1.1- Diferencia normalizada del NDVI

En la siguiente tabla, queda expuesta la comparación entre las parcelas examinadas en campo, frente a su valor en el mapa obtenido por diferencia normalizada de NDVI. Las parcelas no coincidentes han sido destacadas mediante un sombreado. Los intervalos seleccionados para las clases severidad baja, media y alta, son: (14-29), (30-43), (44-150).

PARCELA Nº	SEVERIDAD CAMPO	SEVERIDAD SENSOR	DIFNORM NDVI *100
1	alta	media	35
2	alta	media	37
3	alta	alta	46
4	baja	baja	15
5	alta	media	34
6	baja	baja	26
7	media	media	36
8	alta	alta	65
9	media	media	42
10	alta	alta	47
11	alta	alta	51
12	NO_QUEMADO	NO_QUEMADO	-1
13	NO_QUEMADO	NO_QUEMADO	9
14	baja	baja	25
15	media	media	43
16	alta	alta	47
17	baja	baja	26
18	alta	alta	57
19	NO_QUEMADO	NO_QUEMADO	3
20	NO_QUEMADO	NO_QUEMADO	-1
21	media	media	38
22	alta	alta	48
23	alta	alta	46
24	baja	media	36
25	baja	baja	15
26	media	media	32
27	baja	media	30
28	alta	alta	56
29	baja	baja	29
30	media	media	30
31	baja	NO_QUEMADO	7
32	alta	alta	44

A_VI.1.3.1.2- Diferencia del NDVI

La tabla siguiente presenta las parcelas examinadas en campo y su valor en el mapa obtenido por diferencia de NDVI. Sombreadas, aparecen aquellas parcelas en que la estimación del sensor no coincide con la observada en el campo. Los intervalos seleccionados para cada rango de severidad, han sido: (4-12), (13-17), (18-50).

PARCELA Nº	SEVERIDAD CAMPO	SEVERIDAD SENSOR	DIF NDVI *100
1	alta	media	13
2	alta	media	14
3	alta	media	16
4	baja	baja	6
5	alta	media	14
6	baja	baja	12
7	media	media	17
8	alta	alta	25
9	media	alta	22
10	alta	alta	18
11	alta	alta	25
12	NO QUEMADO	NO QUEMADO	-1
13	NO QUEMADO	NO QUEMADO	3
14	baja	baja	12
15	media	alta	21
16	alta	alta	18
17	baja	baja	11
18	alta	alta	33
19	NO QUEMADO	NO QUEMADO	2
20	NO QUEMADO	NO QUEMADO	0
21	media	baja	11
22	alta	media	16
23	alta	media	14
24	baja	alta	20
25	baja	baja	9
26	media	alta	19
27	baja	baja	11
28	alta	media	15
29	baja	baja	11
30	media	baja	12
31	baja	baja	4
32	alta	media	16

A_VI.1.3.1.3- Diferencia del NDVI / NDVI previo.

La tabla de comparación entre las parcelas examinadas en campo, frente a su valor en el mapa obtenido por diferencia de NDVI, relativa al NDVI previo al fuego, es la que se presenta seguidamente. Las parcelas no coincidentes han

sido destacadas mediante un sombreado. Los intervalos seleccionados para las clases severidad baja, media y alta, son: (20-46), (47-60), (61-140).

PARCELA Nº	SEVERIDAD CAMPO	SEVERIDAD SENSOR	(DIF_NDVI/NDVIpre) *100
1	alta	media	51
2	alta	media	54
3	alta	alta	63
4	baja	baja	27
5	alta	media	51
6	baja	baja	41
7	media	media	53
8	alta	alta	78
9	media	media	59
10	alta	alta	64
11	alta	alta	67
12	NO QUEMADO	NO QUEMADO	-2
13	NO QUEMADO	NO QUEMADO	16
14	baja	baja	40
15	media	media	60
16	alta	alta	64
17	baja	baja	41
18	alta	alta	73
19	NO QUEMADO	NO QUEMADO	6
20	NO QUEMADO	NO QUEMADO	-1
21	media	media	55
22	alta	alta	65
23	alta	alta	63
24	baja	media	53
25	baja	baja	26
26	media	media	48
27	baja	baja	46
28	alta	alta	72
29	baja	baja	45
30	media	baja	45
31	baja	NO QUEMADO	12
32	alta	alta	61

A_VI.1.3.2- Métodos basados en el uso del NBR.**A_VI.1.3.2.1- Diferencia de NBR.**

La tabla que a continuación se recoge, presenta la comparación entre las parcelas examinadas en campo, frente a su valor en el mapa obtenido por diferencia de NBR. Las parcelas no coincidentes han sido destacadas mediante un sombreado. Los intervalos seleccionados para las clases severidad baja, media y alta han sido: (100-270), (271-342), (343-1350).

PARCELA Nº	SEVERIDAD CAMPO	SEVERIDAD SENSOR	DIF NBRI *1000
1	alta	alta	343
2	alta	alta	486
3	alta	media	340
4	baja	baja	125
5	alta	alta	443
6	baja	baja	199
7	media	media	322
8	alta	alta	584
9	media	alta	434
10	alta	alta	353
11	alta	alta	522
12	NO QUEMADO	NO QUEMADO	61
13	NO QUEMADO	NO QUEMADO	62
14	baja	baja	256
15	media	alta	358
16	alta	media	324
17	baja	baja	173
18	alta	alta	650
19	NO QUEMADO	NO QUEMADO	80
20	NO QUEMADO	NO QUEMADO	66
21	media	media	326
22	alta	alta	409
23	alta	alta	344
24	baja	media	341
25	baja	baja	181
26	media	media	322
27	baja	baja	265
28	alta	baja	206
29	baja	baja	168
30	media	baja	245
31	baja	baja	109
32	alta	media	288

A_VI.1.3.2.2- Diferencia normalizada del NBR

La tabla siguiente, presenta las parcelas examinadas en campo, y su valor en el mapa obtenido por diferencia normalizada de NBR. Sombreadas aparecen las parcelas en donde la estimación del sensor no coincide con el valor observado en el campo. Los intervalos seleccionados son: bajo: (340-930), medio: (931-1600), alto: (1601-3000000) y (-3000-(-60000)).

PARCELA Nº	SEVERIDAD CAMPO	SEVERIDAD SENSOR	DIFNORM NBR *1000
1	alta	alta	3279
2	alta	alta	6288
3	alta	alta	-11799
4	baja	baja	383
5	alta	alta	3306
6	baja	baja	780
7	media	media	942
8	alta	alta	5564
9	media	media	943
10	alta	alta	1806
11	alta	alta	6549
12	NO QUEMADO	NO QUEMADO	69
13	NO QUEMADO	NO QUEMADO	280
14	baja	baja	678
15	media	media	939
16	alta	alta	1624
17	baja	baja	608
18	alta	alta	2063
19	NO QUEMADO	NO QUEMADO	132
20	NO QUEMADO	NO QUEMADO	131
21	media	alta	3761
22	alta	alta	-51294
23	alta	alta	-11389
24	baja	baja	671
25	baja	baja	340
26	media	baja	726
27	baja	media	1281
28	alta	media	1270
29	baja	media	1591
30	media	media	933
31	baja	NO QUEMADO	265
32	alta	alta	1859

A_VI.1.3.2.3- Diferencia de NBR / NBR previo

La tabla siguiente examina las parcelas determinadas en campo, y su valor en el mapa obtenido por diferencia de NBR relativa al NBR previo al fuego. Aparecen sombreadas las parcelas en donde la estimación del sensor no coincide con la observada en el campo. Los intervalos seleccionados fueron, para las severidades baja, media y alta: (500-900), (901-1330), (1331-3000).

PARCELA Nº	SEVERIDAD CAMPO	SEVERIDAD SENSOR	DIFNBR/NBRpre *1000
1	alta	alta	1533
2	alta	alta	1726
3	alta	alta	2185
4	baja	baja	554
5	alta	alta	1536
6	baja	baja	876
7	media	media	970
8	alta	alta	1695
9	media	media	971
10	alta	alta	1287
11	alta	alta	1735
12	NO QUEMADO	NO QUEMADO	129
13	NO QUEMADO	NO QUEMADO	438
14	baja	baja	808
15	media	media	969
16	alta	alta	1238
17	baja	baja	756
18	alta	alta	1347
19	NO QUEMADO	NO QUEMADO	232
20	NO QUEMADO	NO QUEMADO	232
21	media	alta	1580
22	alta	alta	2040
23	alta	alta	2193
24	baja	baja	803
25	baja	baja	508
26	media	baja	841
27	baja	media	1123
28	alta	media	1119
29	baja	media	1228
30	media	media	966
31	baja	NO QUEMADO	419
32	alta	alta	1300

A_ VI.2.- PRIORIDAD DE ACTUACIÓN POSTINCENDIO FORESTAL.

La serie de tablas que a continuación se exponen, muestran los niveles de erosión determinado en campo mediante inspección visual, y los respectivos valores de Prioridad de Actuación Postincendio forestal, a los que se llega aplicando el método desarrollado en este estudio.

Para cada incendio en donde ha sido examinado, los resultados han sido los siguientes:

A_ VI.2.1- Incendio de Yeste.

La tabla siguiente muestra los resultados del cruce entre los valores de erosión de cada parcela examinada en campo en Yeste, y el mapa de prioridades de actuación postincendio. Los valores: Erosión: 0=nula; 1=ligera; 2=moderada; 3=severa; 4=Tierra con cárcavas. PAP (Prioridad de Actuación Postincendio): 1=baja; 2=media; 3=alta; 4=extrema. Se complementa con los valores de severidad obtenidos en campo y mediante el proceso de teledetección.

PARCELA Nº	SEV CAMPO	SEV SENSOR	EROSION	PAP
8	BAJA	BAJA	0	1
9	MEDIA	MEDIA	2	3
10	MEDIA	MEDIA	0	3
12	MEDIA	ALTA	2	4
14	BAJA	BAJA	1	1
21	ALTA	ALTA	3	4
22	BAJA	BAJA	1	1
23	ALTA	ALTA	2	3
24	ALTA	ALTA	2	3
25	MEDIA	MEDIA	0	1
27	ALTA	ALTA	2	4
28	BAJA	BAJA	1	3
29	MEDIA	MEDIA	2	4
30	ALTA	ALTA	0	3
38	ALTA	ALTA	1	3
39	BAJA	MEDIA	1	3
50	BAJA	BAJA	1	3
51	MEDIA	MEDIA	2	3
53	BAJA	BAJA	0	2
56	MEDIA	MEDIA	2	3
63	MEDIA	MEDIA	2	4
64	BAJA	BAJA	1	3
65	BAJA	MEDIA	1	3
66	MEDIA	MEDIA	1	2
67	BAJA	MEDIA	1	2

68	MEDIA	MEDIA	2	4
69	ALTA	ALTA	2	4
70	ALTA	ALTA	2	3
71	BAJA	BAJA	0	2
72	ALTA	ALTA	3	4
73	ALTA	ALTA	2	3
74	ALTA	ALTA	3	4

A_VI.2.2- Incendio de Almansa.

Para el caso de estudio de Almansa, la tabla de cruce entre los valores de erosión de cada parcela examinada en campo y el mapa de Prioridades de Actuación Postincendio, es la que se expone a continuación. Los valores indican: Erosión: 0=nula; 1=ligera; 2=moderada; 3=severa; 4=Tierra con cárcavas. PAP (Prioridad de Actuación Postincendio): 1=baja; 2=media; 3=alta; 4=extrema. Se complementa con los valores de severidad obtenidos en campo y mediante el proceso de teledetección.

PARCELA Nº	SEVERIDAD CAMPO	SEVERIDAD SENSOR	EROSIÓN	PAP
42	alta	alta	3	4
43	alta	alta	3	4
44	alta	alta	2	3
45	alta	alta	1	2
46	alta	alta	1	2
47	alta	alta	1	2
48	alta	alta	1	3
49	alta	alta	2	3
50	NO QUEMADO	NO QUEMADO	0	
51	alta	alta	2	4
52	baja	baja	0	2
53	baja	baja	1	2
54	baja	baja	1	1
55	baja	media	0	2
56	baja	media	0	2
57	alta	alta	2	4
58	NO QUEMADO	NO QUEMADO	1	
59	alta	media	2	4
60	alta	alta	2	3
61	alta	alta	2	3
62	alta	alta	2	4
63	alta	alta	3	4
64	media	media	1	2
65	baja	baja	0	2
66	baja	baja	1	1
67	baja	baja	0	1

68	alta	alta	2	4
69	alta	alta	2	4

A_ VI.2.3- Incendio de Liétor.

Finalmente, la tabla siguiente presenta el resultado del cruce entre los valores de erosión de cada parcela examinada en campo y el mapa de Prioridades de Actuación Postincendio, en el incendio de Liétor. Los valores significan: Erosión: 0=nula; 1=ligera; 2=moderada; 3=severa; 4=Tierra con cárcavas. PAP (Prioridad de Actuación Postincendio): 1=baja; 2=media; 3=alta; 4=extrema. Se complementa con los valores de severidad obtenidos en campo y mediante el proceso de teledetección.

PARCELA Nº	SEVERIDAD CAMPO	SEVERIDAD SENSOR	EROSIÓN	PAP
1	alta	media	3	3
2	alta	media	2	4
3	alta	alta	2	4
4	baja	baja	1	2
5	alta	media	2	4
6	baja	baja	1	2
7	media	media	2	3
8	alta	alta	2	4
9	media	media	0	1
10	alta	alta	3	4
11	alta	alta	2	4
12	NO QUEMADO	NO QUEMADO	0	-
13	NO QUEMADO	NO QUEMADO	1	-
14	baja	baja	0	1
15	media	media	1	3
16	alta	alta	2	3
17	baja	baja	0	1
18	alta	alta	2	4
19	NO QUEMADO	NO QUEMADO	1	-
20	NO QUEMADO	NO QUEMADO	1	-
21	media	media	1	3
22	alta	alta	3	4
23	alta	alta	2	4
24	baja	media	1	3
25	baja	baja	0	1
26	media	media	2	3
27	baja	media	0	1
28	alta	alta	2	4
29	baja	baja	0	1
30	media	media	1	2
31	baja	NO QUEMADO	1	-(*)
32	alta	alta	1	3

(*)El sensor determinó a esta parcela como no quemada, por lo que no tiene valor de PAP.

